

ملخص الفوائد البديعة في علم الطبيعة

* (تأليف)

* (المتوكل على مولاه الامجد منصور احمد)

* (خوذة الكيمياء والطبيعة بمدرسة)

* (المهندسخانة المخديوية)

طبع بمطبعة المنارس الملكية الكاشفة بسراي درب الجماميز بمصر القاهرة

(طبعة أولى)



* (بسم الله الرحمن الرحيم) *

(ملخص دروس علم الطبيعة اللازم تدريسه للتلامذة مدرسة المهندسخانه الخديويه)

* (الباب الاول في المادة والقوى والحركة وفيه فصول) *

* (الفصل الاول مقدمة في القواعد العامة وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في حد العلم) *

علم الطبيعة غايته دراسة الظواهر التي تحدثها الاجسام بدون ان تكابد أدنى تغير في تركيبها فخرج علم الكيمياء لانه يبحث بالخصوص عن الظواهر التي تحدثها الاجسام مع تغير في طبيعتها

* (المبحث الثاني في المادة) *

المادة أو الجسم هو كل ما وقعت عليه حواسنا وتقسّم الاجسام الى بسيطة ومركبة فالاجسام البسيطة أي العنصرية المعروفة الآن اثنان وستون جسماً وهي التي لم يستخرج منها بواسطة التحليل النوع واحد من المادة لكنه من الجائز أن يزيد عدد هذه العناصر فيما سيأتي أو ينقص لانه من الممكن استكشاف عناصر جديدة كما أنه يمكن الوصول الى تحليل كثير منها

والاجسام المركبة هي التي يستخرج منها اجسام مواد مختلفة كالزجاج والخشب والرخام وغير ذلك

* (٣) *

* (المبحث الثالث في الجسم والجوهر الفرد والجزء) *

الجسم هو كل كمية محدودة من المادة ويستدل من خواص الاجسام على أنها متكونة من عناصر صغيرة جدا غير قابلة للتجزئ المحسوس وان كانت تقبل التجزأ عقلا موضوعة على بعضها بدون ملازمة كلية بينها مسافات خالية وممسوكة هذه الاجزاء بقوة الجذب والانضمام المشترك المسماة بالقوة المجزئية وهذه العناصر تسمى بالجواهر الفردة ويعرف الجوهر الفرد حينئذ بأنه هو ما لا يقبل القسمة ولا التجزأ المحسوس والجزء هو ما تكون من جملة جواهر فردة وحينئذ فالجسم هو ما تكون من انضمام جملة اجزاء وهذا التعريف أولى من تعريفه بأنه ما وقعت عليه حواسنا لان ذلك يشمل البرد مع أنه ليس بجسم

* (المبحث الرابع في الكثرة) *

كثرة الجسم هي كمية المادة المكونة له ولا يمكن تعيين كتلة الجسم المطلقة الا بالنسبة لكتلة جسم آخر مأخوذة وحدة

* (المبحث الخامس في احوال الاجسام) *

يميز للاجسام ثلاث حالات الاولى الصلابة كحالة الاخشاب والاحجار والمعادن في درجة الحرارة المعتادة وتتصف الاجسام الصلبة بانضمام اجزائها بحيث لا يمكن فصل بعضها عن بعض الا بقوة صكيرة او قليلة وبميلها دائما الى حفظ شكلها الاصلى الثانية حالة السيولة التي تشاهد في الماء والكؤل والزيت وغيرها والوصف المميز للسائعات هو الانضمام الضعيف جدا لان اجزاءها يمكنها ان تتزلق وتتدحرج على بعضها بغاية السهولة وينتج من ذلك ان الاجسام السائلة ليس لها شكل مخصوص بل تأخذ دائما شكل الاواني الحاوية لها

الثالثة الحالة الغازية التي توجد للهواء وجملة اجسام اخرى تسمى بالغازات وبالسوائل المرنة والهوائية ويكون تحرك اجزاء الغازات اكثر من تحرك اجزاء الاجسام السائلة والوصف المميز للغازات هو ميلها دائما لاخذ حجم أكبر من حجمها الاصلى وتسمى هذه الخاصية بالتمدد

وأغلب الاجسام البسيطة وكثير من الاجسام المركبة يمكنه أن يظهر على حالة الصلابة والسيولة والغازية على التوالي وذلك على حسب اختلاف درجة الحرارة كالماء مثلا

E. Y.

(٤)

(المبحث السادس في الظواهر الطبيعية)

الظواهر الطبيعية هي كل تغير يحدث في حالة الاجسام بدون تغير في تركيبها فقسوطة
الجسم وتولد الصوت ونجمد الماء وظواهر طبيعية

(المبحث السابع في النواميس أى القوانين والنظريات الطبيعية)

الناموس الطبيعى هو النسبة الثابتة الموجودة بين الظاهرة الطبيعية وسببها كما يتضح
ذلك من نقص حجم معلوم من غاز مرتين أو ثلاثة اذا أثر عليه ضغط زائد مرتين أو ثلاثة
فهذا هو الناموس الطبيعى الذى يتضح بان يقال ان أحجام الغازات تكون على حسب
عكس قوة الضغط

والنظرية الطبيعية هي جملة نواميس تنسب الى رتبة من رتب الظواهر الطبيعية كما
يقال نظرية ضوئية نظرية كهربائية ومع ذلك فقد تستعمل هذه الكلمة بمعنى قاصر
جدا على توضيح بعض ظواهر مخصوصة كما يقال نظرية الندى نظرية السراب

(المبحث الثامن في المؤثرات الطبيعية)

سبب الظواهر التى تظهرها الاجسام هو وجود المؤثرات الطبيعية أى القوى
الطبيعية المتسلطة على المادة

وهذه المؤثرات هي الجذب والحرارة والضوء والمغناطيسية الارضية والكهربائية
ولا تتضح لنا الا بفعلها أى بتأثيرها وأما طبيعتها فجهولة لنا بالكلية

(الفصل الثانى فى الخواص العامة للاجسام وفيه مباحث)

خواص الاجسام هي الكيفيات المختلفة التى تظهر كخواصنا وتنقسم الى خواص عامة
ونخواص خاصة

فالخواص العامة هي التى تشترك فيها جميع الاجسام وهي عدم التداخل والتجزئ
وقبول كل من التمدد والتجزئ والمسامية والانضغاط المرونة والحركة والانبساط
أى القصور الذاتى

والخواص الخاصة هي التى لا تشاهد الا فى بعض الاجسام أو فى بعض أحوال الاجسام
كالصلابة والسيولة والتماسك وقابلية الانسحاب والطرق والتصفى والشفافية واللون
وغیر ذلك

المبحث

* (٥) *

* (المبحث الأول في عدم التداخل) *

عدم التداخل خاصية لا يمكن بها أن جسمين ماديان يشغلان جزءاً من المسافة أي حيزاً واحداً في آن واحد وهذه الخاصية لا توجد حقيقة إلا في الجواهر الفردة لأنه قد يظهر تداخل الأجسام في عدة ظواهر مثال ذلك إذا خلطت جملة معادن مع بعضها فإنه يشاهد نقص الحجم الكلي فهذا التداخل ظاهري وليس حقيقة وإنما حصل بسبب أن الأجزاء المادية المكونة للجسم ليست متلامسة تلامساً كلياً بل يوجد بينها أخاوية حلت فيها المادة الأخرى

وكذا دخول سق السهم في الخشب إنما هو في الخلوات الحاصل من تبعية أجزاء الخشب لانفوذها في نفس الأجزاء ودخول الماء في الاسفنج والطباشير والسكر حلول في الخلطة أي المسام الموجودة بين الأجزاء وكذا إذا غمست يد في إناء فيه ماء شوه مدارتفاع سطح الماء ولو ملئت زجاجة بالماء ولم يبق فيها فراغ لا يحل السداد وسدت سداً محكماً ثم نفذ فيها سلك من حديد إلى باطن الماء لانكسرت الزجاجة وذلك لأن السلك بحلوله في باطن الزجاجة يلجئ أجزاء الماء للتباعدي مجرده حيزاً يحل فيه والماء يكاد أن لا يقبل الضغط فتتكسر الزجاجة

وخاصية عدم التداخل توجد أيضاً في الغازات وإن كانت كثيرة القبول للانضغاط ولذلك إذا غمرنا قوساً مملوءاً بالهواء في ماء لم يصعد الماء في ذلك الناقوس إلا بمقدار منه وعلى هذه الخاصية أسس ناقوس الغواصين وهو ناقوس كبير من خشب له فريات من زجاج كقمريات النجم وله جهاز لقبول الهواء من أعلى ليستعاض به ما فقدها بالتنفس من الهواء المنحصر في الناقوس ومعاق بمخافيه قطع من الرصاص ليحفظ على الوضع المطلوب والغواص يدخل رأسه في الناقوس وينزل به في الماء لالتقاط الأولو ولباشرة أعمال أخرى في وسط الماء

* (المبحث الثاني في التحيز) *

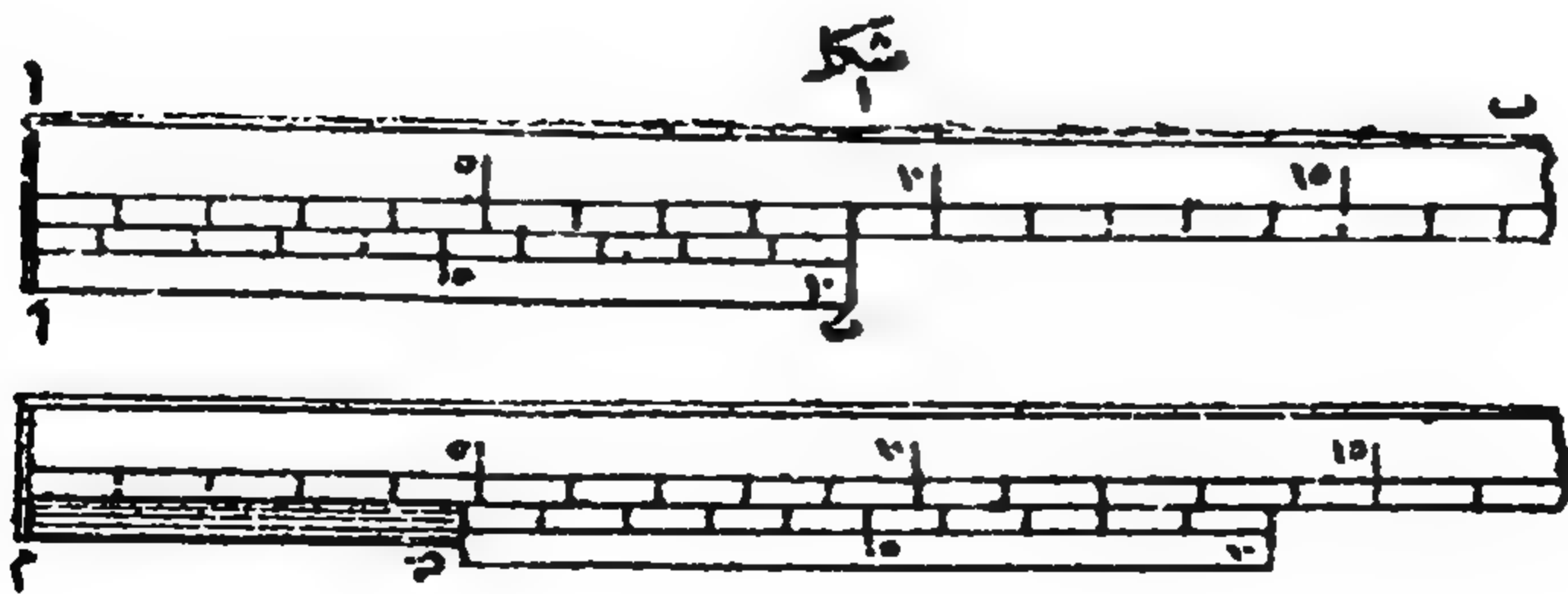
التحيز خاصية للأجسام في كونها تشغل جزءاً محدوداً من المسافة والتحيز هو الجزء المحدود من المسافة المشغول بالجسم وإن شئت قلت هو محل أبعاد الجسم الثلاثة أعني الطول والعرض والعمق

(٦)

وكل جسم مادي يشغل جزءاً من المسافة بحسب ما هو عليه من صغراً أو كبراً وهذا الجزء هو
المسمى بالمحيز وحيث ان الشيء لا يكون صغيراً أو كبيراً أو طويلاً أو عريضاً أو عميقاً
الابمقابله بغيره جعلوا المقاييس المعروفة أصلاً لتعيين مقدار ذراعاً أو غيره فوضعوا
القيراط والقدم والشبر والذراع والتواز وهو ستة أقدام آلات للقياس غير أن هذه
المقاييس لما كانت مختلفة بين الناس اجتهد الفرنسيون في تحرير عمل مقياس عام لتكون
المقاييس متماثلة عند الناس فاختروا القياس المسافات نوعاً منها وهو المتر وذلك لان
جميع المقاييس مأخوذة منه وهو جزء من عشرة ملايين من ربع خط الزوال الارضى أعنى
الدائرة المسارة من أحد القطبين الى الآخر وهذا المتر اذا قوبل بالقدم القديم الذى طوله
اثنا عشر قيراطاً كان ثلاثة أقدام وأحد عشر خطاً من قيراط و ٢٩٦ جزءاً من ألف جزء
من خط فاذا ضرب المتر فى عشرة أو مائة أو ألف أو عشرة آلاف تحصلت الاحاد المتكررة
المشهورة ديكا متر أى عشرة أمتار وايكومتر أى مائة متر وكيلومتر أى ألف متر
وميريا متر أى عشرة آلاف متر واذا قسم المتر على عشرة أو مائة أو ألف تحصلت الكسور
المشهورة ديسي متر أى عشر المتر وسنتي متر أى عشر المتر أعنى جزءاً من مائة من المتر
ومالى متر أى جزء من ألف من المتر

وجعلوا القياس سطح الارض الاثر وهو مقياس مربع كل جانب منه عشرة أمتار
والاستير وهو متر مكعب وجعلوا القياس المائعات اللتر وهو ديسي متر مكعب من الماء
المقطر

وتذكر من جملة الآلات التى وضعت لقياس الجبال آلة المعروفة بالورنيي المسماة هكذا
باسم مخترعها وتتركب الورنيي من مسطرتين أكبرهما ا ب شكل ١



ثابتة

(v)

ثابتة ومقسمة الى اقسام متساوية وأصغرهما α β متحركة وهي الورنييه المحققي
ولاجل تدريجها يعطى لها طول تسعة اقسام من اقسام المسطرة الكبيرة ثم تقسم عشرة
أجزاء متساوية فينتج من ذلك أن كل قسم من مسطرة α β أصغر من اقسام المسطرة
 α β الكبيرة بعشر قسم

فاذا أريد معرفة طول جسم m فليوضع كما هو مشاهد في الشكل بطول المسطرة
الكبيرة فيوجد أن طوله يساوي أربعة اقسام زائد كسر فهذا الكسر هو الذي
تستعمل الورنييه لقياسه ولجل ذلك تراق على المسطرة الثابتة الى أن تلامس طرف
جسم m ثم يبحث عن محل تطابق اقسام المسطرتين ففي هذا الشكل حصل التطابق
في القسم الثامن من الورنييه بالابتداء بالعد من نقطة n وهذا يدل على أن الكسر
المراد قياسه يساوي ثمانية من عشرة وفي الواقع حيث أن كلامنا من اقسام الورنييه
أصغر من اقسام المسطرة بعشر يشاهد أنه بالذهاب من نقطة المطابقة من جهة اليمين
الى جهة الشمال يتأخر من اقسام المسطرة على التوالي عشرا وعشرين أو ثلاثة وهكذا
ويوجد حينئذ أن الذي هو طرف الورنييه الى القسم الرابع من المسطرة ثمانية
أعشار ينتج من ذلك أن جسم m يساوي أربعة اقسام من مسطرة α β زائد
ثمانية أعشار

وحينئذ إذا كانت اقسام المسطرة الكبيرة أجزاء من المليمتر فيقدر طول جسم m n
بأعشار المليمتر التقريبية ولجل الحصول على طوله بالنسبة لواحد من عشرين
أو واحد من ثلاثين من المليمتر يلزم تقسيم المسطرة الكبيرة الى مليمترات ويوضع منها
على الورنييه ١٩ أو ٢٩ قسما ثم تقسم عشرين أو ثلاثين قسما متساوية انما
يلزم في هذه الحالة استعمال عدسة عينية لاجل تمييز محل تطابق اقسام المسطرتين

(المبحث الثالث في التجزى)

التجزى خاصية في جميع الاجسام بها يمكن فصلها الى أجزاء متميزة في نهاية الدقة
ولا ثبات هذه الخاصية وضعوا أمثلة كثيرة منها أن السنتي جرام الذي هو كمية عشرة
المشاهدة وقدره خمس قنعة من اللؤلؤ يمكنه تلوين ٣٠٠٠ جرام من الماء أعنى ألف
درهم فهذا يثبت تجزئته أكثر من عشرة ملايين جزءا نشاهد بالبصر ومنها المواد الراتنجية

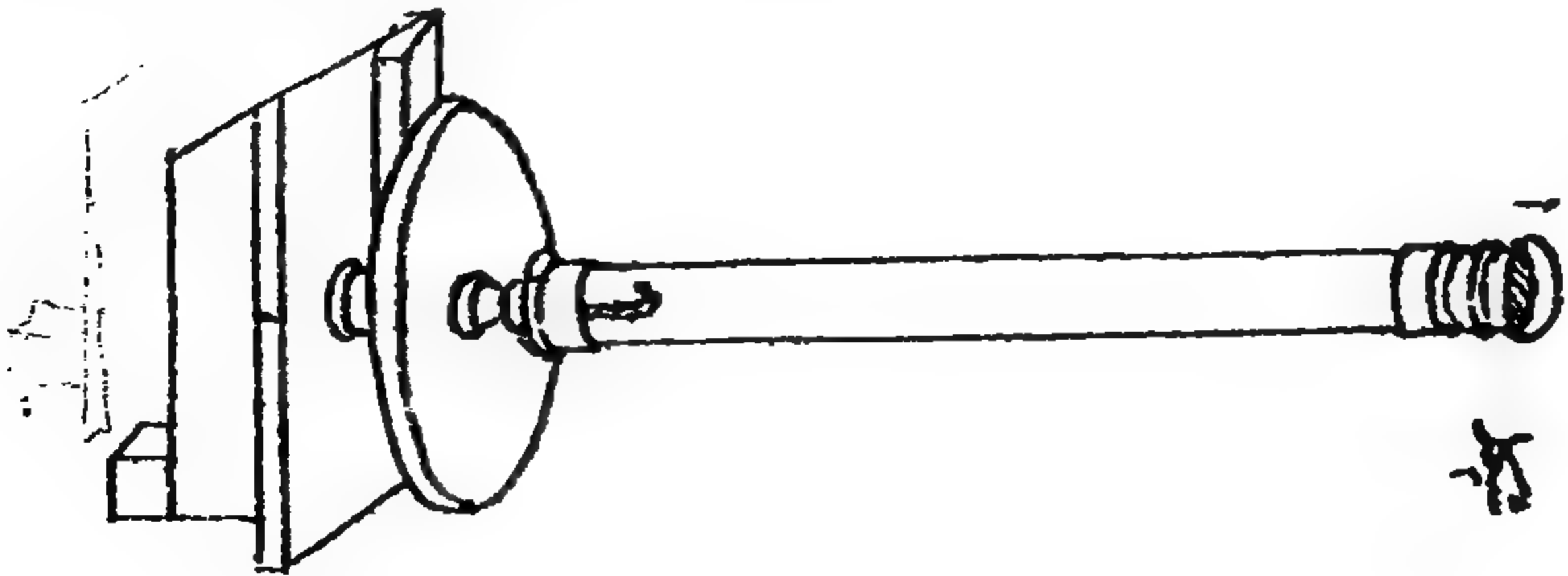
* (٨) *

فانها تثبت تجزأ المادة تجزأ زائدا لان الخمسة ستجرام أى القمحة من المسك تنشر اجزاء
عطرية فى محل متكرر فيه مرور الهواء مجلة سنوات وغير ذلك
ولم يثبت بالتجربة ان كان تجزأ المادة له نهاية أم لا أما عقلا فلا ينتهى لان الكمية مهما
كان صغرها يتصور لها دائما نصف وثلث وربيع وهكذا لكن بمقتضى عدم تغير الخواص
الكيمياوية الخاصة بكل جسم وعدم تغير النسب التى توجد بين وزن العناصر المتحدة
بحكم وجود انتهاء للتجزى ومن ذلك تعتبر الاجسام متكونة من عناصر مادية غير قابلة
للاقسام تسمى بالجواهر الفردة

* (المبحث الرابع فى المسامية) *

المسامية هى الخاصية التى بها توجد مجلة مسافات صغيرة خالية بين جزيئات الاجسام
تسمى مساما والمسام هى الاخيلة الكائنة بين جزيئات الاجسام
و يوجد فى الاجسام نوعان من المسام المسام الطبيعية أى الاخيلة الصغيرة جدا المحفوظة
بتأثير قوة الجذب والطردي الجزئى والمسام المحسوسة أى الاخيلة الحقيقية التى لا تأثر
للقوة الجزئية عليها

فالمسام الطبيعية ينسب لها الانقباض والتدد الذى يحصل للاجسام من تغير درجة
الحرارة والمسام المحسوسة هى التى يحصل بها التجزؤ والامتصاص فى الاجسام العضوية
والمسام الطبيعية غير ظاهرة فى أى جسم والمحسوسة تكون كثيرة الظهور فى الاسفنج
والخشب وفى كثير من الاحجار وقليلته أو عديمته فى المعادن والزجاج ومع ذلك فجميع
الاجسام التى يتنفس حجمها بالبرودة أو الضغط لها مسام طبيعية ويتحقق وجود المسام
المحسوسة بالامتصاص أى التشرب ولاجل اظهار المسام بالتجربة تؤخذ أنبوبة
طويلة من زجاج منتهية من جزئها العلوى بكفتجال صغير من نحاس اشكل ٢



* (٩) *

ومن جزئها السفلى بقاعدة من نحاس تحكم بها على الآلة المفرغة ويكون قاع الفخجال متكونا من جلد ثور تخين فيصب فيه من الزئبق بحيث يغطي جميع الجلد ثم تفرغ الأنبوبة من الهواء فينفذ الزئبق حالا من المسام ويسقط في الأنبوبة على هيئة الرزاز أي المطر الرفيع بواسطة ثقل ضغط الهواء الجوي عليه وبهذه الكيفية يفعل أيضا ممرور الماء من مسام الخشب إذا استعوض الجلد بقرص من الخشب مقطوعا قطعاً عمودياً بطول الألياف

وإذا غمرت قطعة من الطباشير في الماء يشاهد نروج جملة كرات هوائية صاعدة على السطح فهذه الكرات هي الهواء الذي كان شاغلا لمسام الطباشير وطرده الماء بمحاوله فيها وفي الواقع إذا وزنت القطعة الطباشير قبل غمرها في الماء وبعده يشاهد أنها ازدادت وزنها زيادة معتبرة وحينئذ يمكن قياس الحجم الكلي للمسام على حسب وزن الماء الممتص وأما المسام في المعادن فقد ثبت وجودها بالتجربة الأتية المنسوبة إلى أرباب العلوم بفلورانس وهي أنهم عرضوا كرة مجوفة من الذهب مثلاً مملئة بالماء لضغط شديد فشاها وارتفع الماء على سطحها من المسام

* (المبحث الخامس في الحجم الظاهري والحجم الحقيقي) *

يبرز في جميع الأجسام بالنظر للمسام حجم ظاهري وحجم حقيقي فالحجم الظاهري هو الحجم الذي يشغله الجسم والحجم الحقيقي هو مادة الجسم الخاصة بقطع النظر عن المسام وتعريف آخر الحجم الحقيقي هو الحجم الظاهري ناقص حجم المسام ولا يتغير الحجم الحقيقي بحجم بخلاف الحجم الظاهري فإنه يتغير نقصاً وزيادة تبعاً لتغير حجم المسام

* (المبحث السادس في استعمال المسام) *

تستعمل المسام في عمل الترشيع بواسطة المواد المستعملة كثيراً في التدبير الأهل كالورق الغير منشى ولباد الصوف والشعر والأحجار كالحزف أو الرمل والفحم فسام هذه المواد ذات اتساع كاف لمرور السائل لكنها كثيرة الضيق بالنظر لمرور الأجسام المتعلقة فيه أعني أنها تسمح لمرور السائل وتمنع الأجسام المتعلقة فيه وفي محل قطع الأحجار بأن تفعل حفر في كتلة الحجر ثم توضع فيها خواير من خشب جاف جداً فبإمتصاص الخشب للرطوبة ودخول الماء في مسامه ينتفخ ويفصل القطع الكبيرة وإذا بلت الحبال الجافة بالماء ازداد عرضها ونقص طولها ومن ذلك تنتج واسطة قوية تستعمل لرفع الأثقال العظيمة

* (١٠) *

* (المبحث السابع في قابلية الانضغاط) *

قابلية الانضغاط خاصية للأجسام تصير بها بواسطة قوة الضغط في حجم أصغر مما كان لها قبل والأجسام الكثيرة المسام هي الأكثر قبولاً للانضغاط فبواسطة قوة الضغط تتقارب الأجزاء ويضيق اتساع المسام وحينئذ فقابلية الانضغاط مما يثبت وجود المسام وإن كان هناك أجسام كثيرة المسام لا تقبل الانضغاط كالأحجار الهشة التي تتفتت أجزاؤها ولا تنضغط

وخاصية قبول الانضغاط كثيرة الاختلاف في الأجسام فالغازات هي الأكثر قبولاً للانضغاط حتى أن كثير منها يمكنه أن يصير بواسطة الضغط في حجم أصغر من حجمه الأصلي بعشر مرات أو عشرين أو مائة مرة ومع ذلك فاعلم الغازات له حد للضغط بحيث متى تجاوزته استحالت إلى السبولة

وقابلية الانضغاط في الأجسام الصلبة أقل منها في الغازات وتظهر أيضاً بدرجات مختلفة فالورق والاقشة والاسفنج والخشب وجميع الأنسجة الكثيرة المسام هي الأكثر قبولاً للانضغاط من جميع الأجسام الصلبة والمعادن تقبله أيضاً كما يدل الأثر الذي تكسبه المعاملة بتأثير صدمة آلة ضرب السكة عليها وكذا انضغاط الأجسام الصلبة له حد بحيث متى زاد الضغط تفتت حالاً واستحالت في الغالب إلى مسحوق ناعم

وأما قابلية الانضغاط في السوائل فضعيفة واعتبرت السوائل زماماً طويلاً بأنها غير قابلة للضغط لكن ثبت بالتجربة أنها تقبل الانضغاط كما يتضح ذلك بالبيزومتر في مبحث الأيدورستاتيك

* (المبحث الثامن في المرونة) *

المرونة خاصية به يتميل الأجسام إلى العود لشكلها أو حجمها الأصلي إذا انقطع عنها تأثير القوة التي غيرت حالتها الأصلية بجذب أولى أو ثنى أو ضغط أو مصادمة ونحو ذلك فمن ذلك الوتر الحاني للقوس فإنه إذا انقطع رجع القوس لمحاله الأصلية وأكثر الأجسام مرونة أسرعها عوداً لمحالتها وقد تكتسب الأجسام المرونة من الصناعة فإن النحاس إذا طرق عليه وهو بارد اكتسب مرونة أكثر مما إذا طرق عليه وهو مسخن وكذا الحديد المتحد بالكرتون أعني الذي صار فولاً إذا فانه إذا سقى صار مرناً جداً وسهل كسره وتزول مرونته بتسخينه حتى يحمر ثم يترك ليبرد من نفسه تدريجاً وتزول أيضاً بتوالي الضرب

* (١١) *

الضرب بقوة شديدة بعرض صفائح منه بكل العرض في زمن واحد على سطح مستو من
نحو خشب أو ماء

ومما له دخل في زيادة مرونة الاجسام أيضا أشكالها كما يظهر فيما لو سقطت حلقة على
سطح من حجر أو رخام فانها تنقز أكثر مما لو كان الساقط قرصا مماثلها في المادة
والوزن وكذا الكرة المخوفة فانها تنقز أكثر من كرة مصمتة مساوية لها في الوزن فاذا
تكون الحلقة والكرة المخوفة أكثر مرونة من القرص والكرة المصمتة

ثم ان الاجسام الكثيرة المرونة لا تعود الى شكلها الاقل دفعة واحدة بل بعد اهتزازات
متعاقبة تأخذ في التناقص حتى تزول بالكلية كما يشاهد ذلك فيما لو أخذت نهاية ماسك
أوجفت كبير وقربت شعبتاه من بعضهما ثم تركت دفعة واحدة وفيما لو أنبت مقبض
سيف في نحو حفرة أو بين شعبتى منجلة وأملت ذبايته ثم تركت فان رجوع كل ماذكر
لمحاله لا يحصل الا بعد اهتزازات كثيرة

والغازات هي التامة المرونة أعني أنها ترجع لحجمها الاصلى بمجرد تعادل الضغط وكذا
السوائل اذا كانت معرضة لبعض ضغط

وأما الاجسام الصلبة فلا جسم منها تام المرونة كالغازات والسوائل خصوصاً ما
استطال زمن الضغط عليها ومع ذلك فتكون المرونة كثيرة الظهور في الصمغ المرين
والعاج والزجاج والرخام وعسره في الشحم والطفل والرصاص ويوجد حد للمرونة
في الاجسام الصلبة ومتى تجاوزته تفتت أو لم ترجع لشكلها أو حجمها الاصلى ولا
يوجد حد للمرونة في الغازات ولا في السوائل التي ترجع دائماً لمحالته الاولى

* (المبحث التاسع في قابلية الحركة والحركة والسكون) *

قابلية الحركة هي الخاصية التي بها ينتقل الجسم من حيز الى آخر والحركة هي نفس
الانتقال والسكون ضد الحركة أي مكث الجسم في نفس الحيز

ثم ان السكون اما مطلق أو نسبي والحركة اما مطلقة أو نسبية فالسكون المطلق هو عدم
الحركة بالكلية في جميع العالم ولا يعرف جسم بهذه الحالة والحركة المطلقة لجسم هي
انتقاله من حيز الى آخر بالنسبة لجسم آخر مفروض في حالة السكون المطلق

والسكون النسبي أو الظاهري هو حالة الجسم الذي يظهر ساكناً بالنسبة للاجسام
المحيطة به وان كان منسوباً معها الحركة معلومة مثال ذلك الجسم الساكن في محل واحد

* (١٢) *

من السفينة كالصارى فانه يكون ساكنا بالنسبة للسفينة لكنه متحرك بالنسبة للشاطئ
فهذا حيث نذهب والسكون النسبي

والحركة النسبية للجسم ليست الا حركته الظاهرة أعني التي تقدر بالنسبة للجسم مفروض
ثابت وان كانا متحركين بنفسهما كحركة السفينة بالنسبة للشاطئ والنهر لان الشاطئ
والسفينة مشتركان في حركتي دوران وانتقال الأرض حول الشمس

(المبحث العاشر في الانيرسكي أى القصور الذاتي)

الانيرسكي معناها المحالة الذاتية للجسم أعني التي وجد عليها فالجسم الساكن لا يتحرك
من ذاته والمتحرك لا يسكن من ذاته وسقوط الجسم اذا ترك ونفسه صادر عن قوة
الجذب التي توجهه جهة مركز الأرض وليس من ذاته وتأخر سرعة كرة العاج على سطح
البليارد بالتدريج ناشئ عن مقاومة الهواء الذي تحمل الكرة محمله وعن احتكاكها على
المجوخ المفروش على سطح البليارد ولا يلزم أن يحكم حينئذ على أن هذه الكرة تميل
للسكون أكثر من ميلها للحركة كما قال به بعض الفلاسفة المتقدمين حيث شبه المادة
بشخص كسلان وعلى العموم متى لم توجد مقاومة فان الحركة تستمر بدون تغير كما يدل
على ذلك دوران الكواكب حول الشمس

(الفصل الثالث في تعريفات القوى وفيه مباحث)

(المبحث الاول في القوى)

القوة هي كل سبب كاف لمحدث الحركة أو تكيفها فتأثير العضلات في الحيوان
والتناقل والجذب والنفور الكهربائي وانتشار البخار كل قوة
ويعطى في الغالب اسم قدرة للقوى التي تحدث بعض تأثير ومقاومة للقوى التي تقاوم
هذا التأثير والاولى التي تميل الى ازدياد الحركة في كل لحظة تسمى متزايدة والثانية تسمى
مبطئة

والقوة اما برهية أو مستمرة فالبرهية هي التي تؤثر مدة زمن قصير جدا كالصدمة أو ثورة
البارود والمستمرة هي التي يستمر تأثيرها مدة الحركة كالتناقل وكقوة جذب الحيوانات
لكن من المهم ملاحظة أنه لا يوجد نوعان من القوى بل فقط كيفيتان لتأثير القوى

(المبحث الثاني في الموازنة)

ياخذ الجسم حالة الموازنة متى أثر فيه قوتان أو جملة قوى في اتجاه مضاد وأمكن أن
تقاوم

* (١٣) *

تقاوم هذه القوى بعضها أى يكافئ بعضها البعض الآخر ولم تتكيف حالة سكون الجسم أو تحركه يقال له حينئذ في حالة الموازنة وإنما قلنا في حالة الموازنة ولم نقل في حالة السكون لأن بينهما فرقا فان الجسم في حالة الموازنة وإن كان معدوم الحركة إلا أنه متعرض لتأثير القوى بدليل أنه يكفي لتحركه أدنى تغير يحصل في إحدى القوى الموجبة لوضعه في الموازنة بخلاف حالة السكون فان الجسم فيها غير متعرض لتأثير القوى ومفقودا الحركة بالكلية والميل لها معا ولذا يحتاج لقوة تامة تحوله عن حالة السكون وتتصف كل قوة أولا بنقطة وقوعها أعني النقطة التي تؤثر عليها القوة مباشرة ثانيا باتجاهها أعني الخط المستقيم الذي يسير الجسم من نقطة الوقوع على حسبه ثالثا شدتها أعني مقدارها بالنسبة لقوة أخرى مأخوذة وحدة

والقوة التي تؤخذ وحدة هي اختيارية ولكن حيث أنه ما كان تأثير الجذب أو الضغط الحاصل بقوة يمكن احداً أى تعويضه ببعض الثقل فتقابل على العموم القوى بالانفعال ويؤخذ الكيلوجرام وحدة للقوة

فالقوة تساوى ٢٠ كيلوجرام مثلا إذا أمكن تعويضها بتأثير ثقل ٢٠ كيلوجرام والقوة التي تحتفظ دائماً شدة واحدة تكون ثابتة والتي شدتها تزيد أو تنقص تكون متغيرة

وتعلم القوة متى علمت نقطة وقوعها واتجاهها وشدتها ولاجل تعيين هذه الاصول المختلفة للقوة يرمي من نقطة الوقوع في اتجاه القوة خط مستقيم غير محدود ثم يوضع على هذا الخط من ايذاء نقطة الوقوع في اتجاه القوة وحدة ذات طول اختياري كالسنتيمتر مثلاً مرات رابعة. درما تحتوى القوة المعروفة من وحدة القوة فيتحصل حينئذ خط مستقيم محدداً للقوة تحديداً تاماً ولاجل تمييز القوى عن بعضها برمز لكل منها بحرف في اتجاهه كحروف ب ك رس

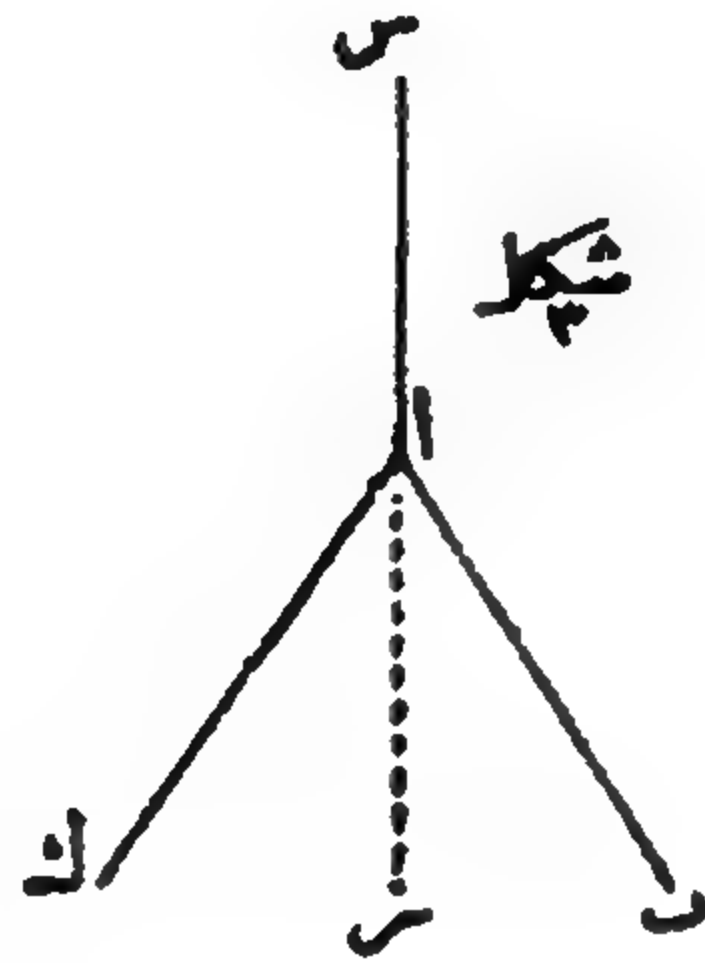
ولاجل معرفة عدة ظواهر طبيعية يلزم أن نذكر هنا الاصول الالية المثبوتة في دروس الميكانيك

* (١٤) *

* (المبحث الثالث في الناتج ومركباته) *

متى أثرت جملة قوى كقوى س ب ك في نقطة مادية كنقطة ا شكل ٣

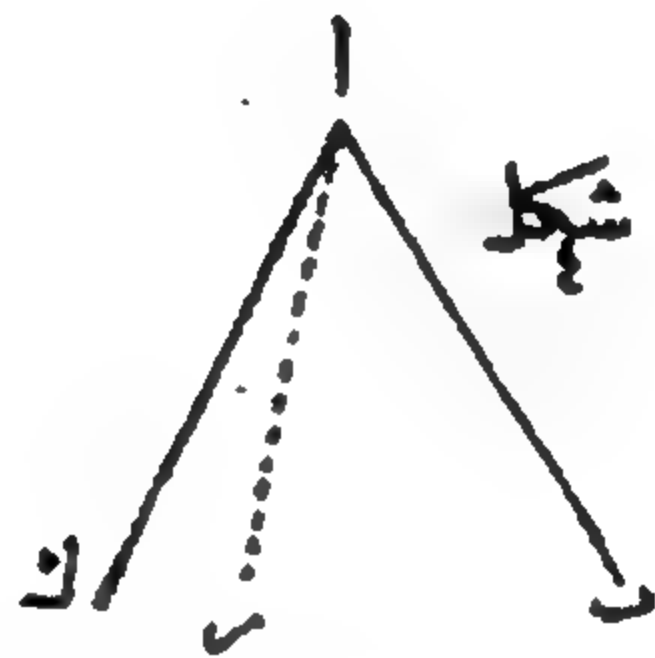
وتعادلنا فان أحدها كقوة س مثلا
تقاوم وحدها تأثير القوتين الأخرتين
واذا تحركت قوة س في اتجاه مضاف على
حسب استقامة أر من س ا أحدثت
وحدها عين الفعل الذي يحدثه مجموع
قوتى ب و ك



وحينئذ فكل قوة أملناها أن تحدث عين الفعل الذي تحدثه جملة قوى مجتمعة تسمى
ناتجها أو محصلتها وتسمى القوى مركبة للناتج

ومتى تحرك جسم بتأثير جملة قوى تتبع دائما اتجاها ناتج هذه القوى المؤثرة فيه مثال ذلك
إذا تحركت النقطة المادية ا في زمن واحد بقوتى ب ك كما في شكل ٤

فحيث أنه لا يمكن أن يتحرك
في زمن واحد في اتجاه مستقيمى
اب وا ك فتأخذ اتجاها
متوسطا بينهما ار الذى هو
اتجاه ناتج قوتى ب ك



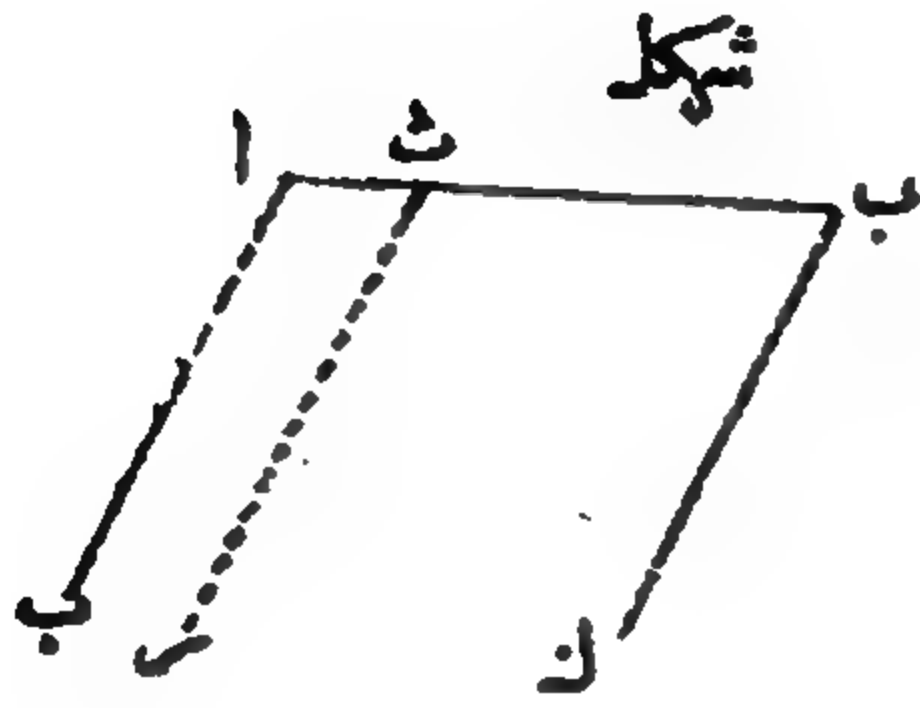
* (المبحث الرابع في تركيب وتحليل القوى المتوازية) *

أولا إذا أثرت قوتان متوازيتان في نقطة واحدة كان ناتجهما مساويا لمجموعهما ان كان
اتجاههما واحدا ولفصلهما ان كان اتجاهاهما متضادا ويتبع الجسم حينئذ أشدهما
مثال ذلك اذا جذب رجلان ثقلا ما في اتجاه متواز وكانت قوة أحدهما ٢ . والاخر
١٠ . تصبح قوة الناتج ٨ أو ٥ على حسب جذبهما في اتجاه واحد أو اتجاه مضاد
ومثل ذلك اذا علقت جملة خيول في عربة قان العربة تسير كما اذا كانت متحركة بقوة
واحدة مساوية لمجموع قوى الخيل

ثانيا

* (١٥) *

ثانياً إذا أثرت قوتان متوازيتان وفي اتجاه واحد في طرفي مستقيم ا ب كما في شكل ٥



كان ناتجهما ر موازيا لهما ومساويا لمجموعهما - ما وقاسما للمستقيم ا ب الى قسمين متناسبين عكسا مع قوتي ب و ك ولتكن ث نقطة تأثير الناتج فاذا كانت قوة ب أكبر من قوة ك مرتين أو ثلاثة كانت مسافة ا ث أصغر من مسافة ث ب بمرتين أو ثلاثة وينتج من ذلك أنه متى كانت قوتا ب و ك متساويتين قسم ناتجهما خط ا ب الى قسمين متساويين وعكس ذلك اذا كان المؤثر قوة ر وحدها في ث أمكن

تعويضها بمجموع قوتي ب و ك اذا كانا موازيين لها وكانت نقط ا ب ث على خط مستقيم وتكون هاتان القوتان المجديدتان على حسب عكس طول ا ث و ث ب

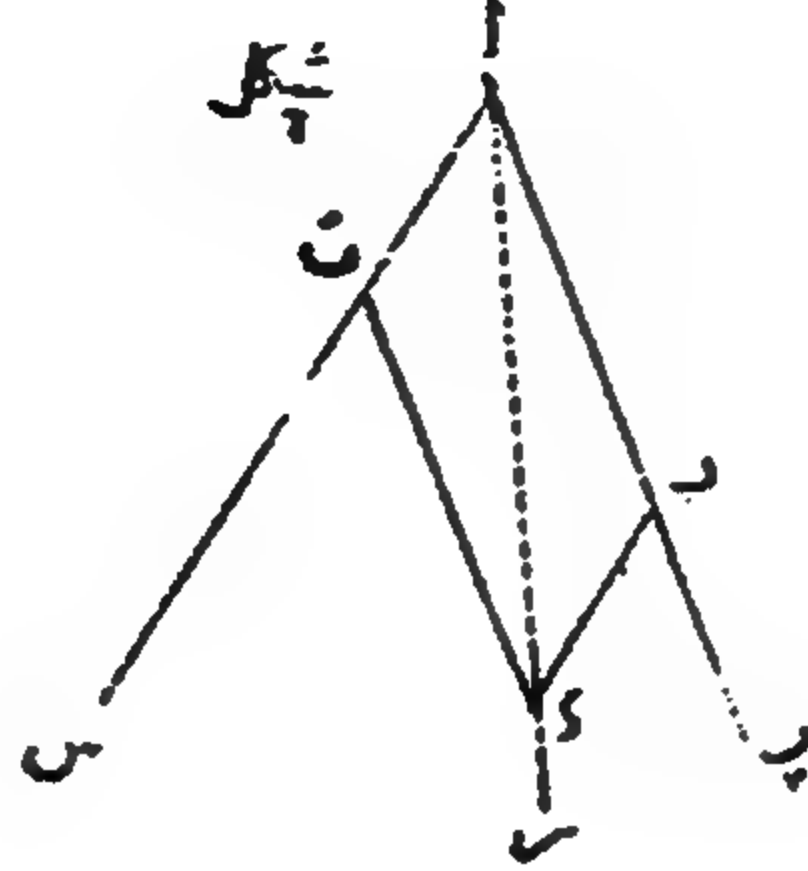
ولاحل الحصول على ناتج جملة قوى متوازية ومتجهة في جهة واحدة يبحث أولا كما تقدم على ناتج قوتين من هذه القوى ثم على ناتج الناتج الذي وجد وقوة ثالثة وهكذا الى الانتهاء فيتحصل من ذلك ناتج مساو لمجموع القوى المعروفة وفي نفس اتجاهها

(المبحث الخامس في تركيب وتحليل القوى المتقاطعة)

القوى المتقاطعة هي التي يتلاقى سيرها في نقطة واحدة وفروض تأثيرها في تلك النقطة مثال ذلك اذا جذبت جملة أشخاص عدة حبال لاجل دق ناقوس وكانت تلك الحبال ثابتة في نقطة واحدة على حبل الناقوس المذكور فتكون قوى هذه الأشخاص متلاقية ولتكن أولا قوتان متلاقيتين ب و ك شكل ٦

* (١٦) *

وتأثيرهما واقع في نقطة α فاذا أخذ
على سيرهما طولان $\alpha\beta$ واث بالنسبة
لشدتهما ومذمن β و θ مستقيمان
موازيان لسير القوتين تحصل متوازي
الاضلاع $\alpha\beta$ $\beta\delta$ $\delta\theta$ يعرف منه
بسهولة ناتج قوتي β و θ بواسطة
النظرية الاتية المعروفة باسم نظرية
متوازي اضلاع القوى



* (المبحث السادس في متوازي اضلاع القوى) *

ناتج القوتين المجهتين يتعين قدر واتجاهها بقطر متوازي الاضلاع المتركب على هاتين
القوتين أعني أن في الشكل المتقدم يكون الناتج β لقوتي β و θ ليس متجهاً فقط
على حسب قطر متوازي الاضلاع $\alpha\beta$ بل محتوي على وحدة القوة مراراً بقدر ما يحتوى
هذا القطر نفسه على وحدة الخطوط التي وضعت على $\alpha\beta$ و θ لتعيين مقدار
قوتي β و θ

وعكس ذلك يمكن تحليل القوة الواحدة الى قوتين مؤثرتين في نفس النقطة المؤثرة فيها
القوة الواحدة ومتجهتين على حسب مستقيمين معلومين ويكفي لذلك ان يركب على
هذين المستقيمين متوازي الاضلاع الذي قطره هو القوة المعلومة وطول اضلاعه
مقدار القوتين المرصفتين المبحوث عنهما

وفي حالة ما اذا أثرت جملة قوى حيثما اتفق في نقطة واحدة في اتجاهات مختلفة يتحصل
ناتجها بالمبحث أولاً عن ناتج قوتين متجاورتين ثم يؤخذ هذا الناتج ويبحث به مع قوة ثالثة
عن ناتج آخر وهكذا كما تقدم الى آخر قوة

ويظهر فعل تركيب وتحليل القوى ظهوراً واضحاً بالمشاهدة فيما اذا اجتازت سفينة نهراً
وكانت متحركة بتأثير المجاذيف فانها لا تتبع السير الذي على مقتضى دفع المجاذيف لها
ولا تتبع سير التيار بل تتبع السير الذي ينسب الى ناتج حركتي الدفع المعرضة هي لهما

* (الفصل

* (١٧) *

* (الفصل الرابع في تعريفات الحركة وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في أنواع الحركة المختلفة) *

تقدم ان الحركة هي حالة الجسم الذي ينقل من حيز الى آخر ويقال لها مستقيمة ان كان تحرك الجسم على خط مستقيم ومنحنية ان كان تحركه على خط منحني وكل من هذين الحركتين يمكن أن يكون منتظما أو متغيرا

* (المبحث الثاني في الحركة المنتظمة) *

الحركة المنتظمة هي التي فيها يقطع المتحرك مسافات متساوية في ازمنة متساوية وكل قوة برهية أي مفارقة تحدث حركة مستقيمة ومنتظمة متى لم يكن الجسم المؤثرة فيه متعرضا لتأثير قوة أخرى ولم يعارضه معارض وفي الواقع حيث ان الجسم ليس له حركة من نفسه نظرا لقصوره الذاتي فيحفظ السير والسرعة التي أوصلتها البرهية له القوة وعلى العموم يمكن ان تولد القوة المستمرة حركة منتظمة أيضا ويكون كذلك متى حدثت مقاومات تتلاف بتجديدها بدون انقطاع ازدياد السرعة التي توصلها القوة المستمرة مثال ذلك العربة التي تتحرك على قضبان الحديد بقوة مستمرة فانها تكتسب حركة منتظمة وفي الواقع أن فقد القوة الناشئ عن مقاومة الهواء والاحتكاك يزداد مع ازدياد السرعة ويأتي زمن تحصل فيه الموازنة بين القوة للحركة والمقاومة

* (المبحث الثالث في السرعة وناموس الحركة المنتظمة) *

السرعة في الحركة المنتظمة هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن وهذه الوحدة اختيارية وهي الثابتة دائما وينتج من تعريف الحركة المنتظمة أن السرعة تكون ثابتة وتكون المسافة المقطوعة في زمن أكبر من الزمن الأول بمرتين أو ثلاثة أو أربعة ضعف الأولى أو قدرها ثلاث مرات أو أربعة ويعبر عن هذا الناموس بأن يقال ان المسافات المقطوعة متناسبة مع الازمان أعني أنها تزداد تبعاً لزيادة الازمان

* (المبحث الرابع في الحركة المتغيرة) *

الحركة المتغيرة هي الحركة التي فيها يقطع المتحرك في أزمان متساوية مسافات غير متساوية وهذه الحركة تعتبر بكمييات غير محدودة والمعتبر هنا هو الحركة المنتظمة المتغيرة

تسمى حركة منتظمة متغيرة الحركة التي فيها تزداد السرعة أو تنقص بمقادير متساوية في أزمنة متساوية في الحالة الأولى تكون الحركة المنتظمة متزايدة كحركة سقوط الجسم في الفراغ وفي الحالة الثانية تكون الحركة المنتظمة بطيئة كحركة حجر قذف عمودياً من أسفل إلى أعلى

والحركة المنتظمة المتغيرة سببها قوة مستمرة ثابتة وهي قوة جذب الأرض ويكون كقوة في الحركة المتزايدة أي في حركة سقوط الأجسام وكقساومة في الحركة البطيئة أي في حركة القذف من أسفل إلى أعلى

* (المبحث الخامس في السرعة وناموس الحركة المنتظمة المتزايدة) *

المسافات المقطوعة في أزمنة متساوية تكون غير متماثلة في الحركة المنتظمة المتزايدة والسرعة ليست هي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن كما في الحركة المنتظمة

ونقصدها بالسرعة في زمن معين المسافة التي يقطعها المتحرك بانتظام من ابتداء هذا الزمن في كل ثانية إذا انقطع تأثير القوة المتزايدة دفعة واحدة أعني إذا صارت الحركة منتظمة مثال ذلك إذا قيل للمتحرك أن سرعته ٦٠ مترًا بعد عشرة ثوان من الحركة المنتظمة المتزايدة يقال أنه إذا انقطع تأثير القوة المتزايدة بعد عشرة ثوان استمر المتحرك في حركة منتظمة بالنظر لقصوره الذاتي فاطعاً ٦٠ مترًا في كل ثانية وينسأ على ذلك فكل حركة منتظمة متزايدة مهما كانت زيادة سرعتها فهي منقادة للقانونين الآتين الأول أن السرعة تزداد بالنسبة للزمن أعني أن السرعة المكتسبة بعد زمن ضعف الأول أو قدره ثلاث مرات أو أربعة تكون أكبر بمرتين أو ثلاثة أو أربعة وهكذا وهذا القانون نتيجة تعريف الحركة المنتظمة المتغيرة

الثاني تكون المسافات المقطوعة مناسبة لمربع الأزمان المستعملة لقطعها أعني أنه إذا عرفت المسافة المقطوعة في أول ثانية بواحد تكون المسافات المقطوعة في ثانيتين وثلاثة وأربع ثوان مبنية بأربعة وتسعة وستة عشر التي هي مربعات الأعداد الأول

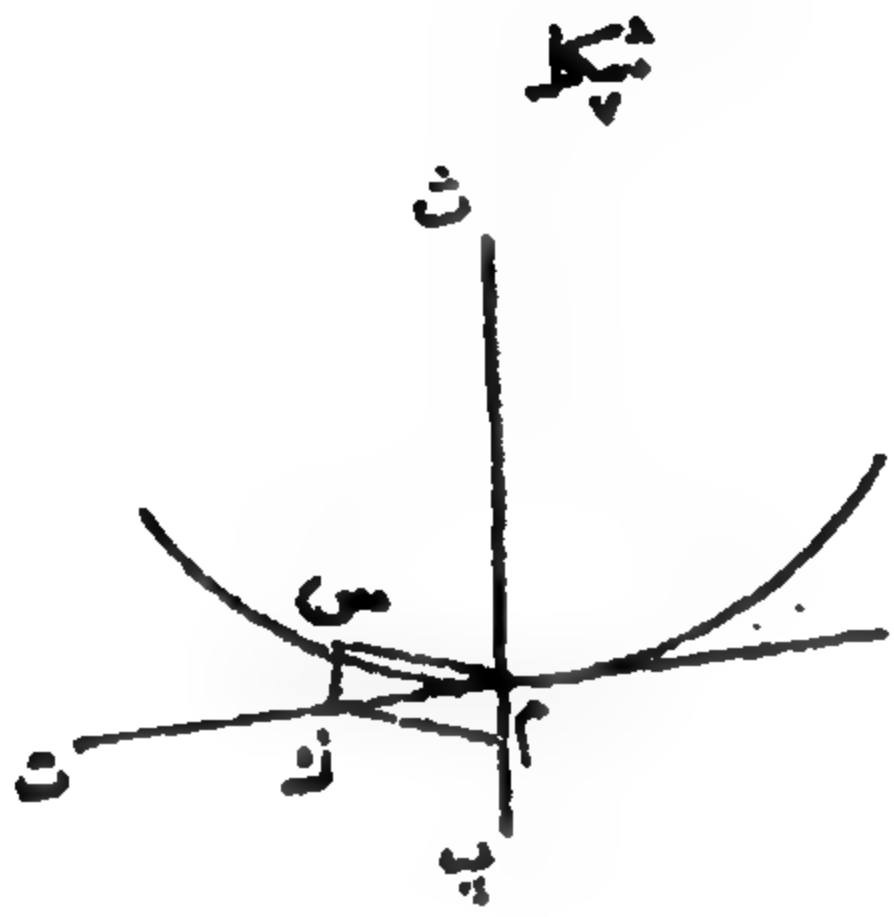
* (المبحث السادس في القوة المركزية الطاردة) *

تسمى قوة مركزية طاردة كل قوة تنشأ عن حركة منحنية ويميل بها المتحرك على الدوام إلى التباعد عن مركز الدوران

ولاجل

* (١٩) *

ولاجل مشاهدة أن الحركة المنحنية تحدث القوة المركزية الطاردة نفرض جسم م
شكل ٧



معلق في مركز ث بخط غير قابل للتمدد ورأسها
حول هذه النقطة دائرة فاذا اعتبرت هذه الدائرة
متكونة من خطوط مستقيمة صغيرة جدًا أي من
كثير الاضلاع يمكن أن يقال انه متى وصل
المتحرك الى أي نقطة من المنحنى كنقطة م
مثلا فانه يرسم أحد هذه الخطوط الصغيرة
وبالنظر للقصور الذاتي يميل هذا الجسم الى
استمرار حركته على خط مستقيم على حسب
استطالة الخط الصغير الذي يرسمه أعني على
حسب الخط المماس م ت لكن لا يمكنه
اتباع هذا السير حيث انه ممسوك بالحبل
الغير قابل للتمدد في مسافة ثابتة المركز

فاذا عبرنا بحرفي م ك عن القوة التي تحرك الجسم المادي في اتجاه م ت وحللناها الى
قوتين م س و م ب تكون الاولى هي القوة التي تقدم الجسم في اتجاه الانحناء والثانية
ليست الا القوة المركزية الطاردة لانها تميل الى تباعد جسم م عن مركز الدائرة
وهذا يمكن تطبيقه على الجسم الموضوع في المقلاع قبل انقذافه منه فاذا انقطع حبل
المقلاع اندفع الجسم باحدى القوتين أعني بالقوة المركزية الطاردة فيخرج عن خط
الاستدارة ويجري في خط مماس للمنحنى الذي كان سائر فيه قبل
ونواميس القوة المركزية الطاردة الناشئة عن الحركة المستديرة ثلاثة
الاول ان شدة القوة المركزية الطاردة تكون متناسبة مع كتلة المتحرك
الثاني أن هذه الشدة للجسم الواحد والانحناء الواحد تكون متناسبة لمربع السرعة
وحينئذ متى كبرت سرعة المتحرك مرتين أو ثلاثة كبرت القوة المركزية أربع مرات
أو تسعة

* (٢٠) *

الثالث متى تساوت الكتل والسرعة تكون القوة المركزية الطاردة على حسب عكس شعاع الدائرة المرسومة بالمتحرك

* (الباب الثاني) *

* (الفصل الاول في الفعل العام للتساقل وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في الجذب العام ونواميسه) *

الجذب العام هو القوة التي بها تميل جميع الاجسام المصكوثة للعالم على الدوام جهة بعضها

وهذه القوة تؤثر على جميع الاجسام ساكنة كانت أو متحركة وهي دائمة مشتركة بينها وتأثيرها حاصل في جميع المسافات كما هو حاصل في وسط الاجسام والجذب العام الحاصل بين الكواكب يسمى ميلًا ويسمى تساقلًا متى اعتبر الجذب الذي تحدثه الارض على الاجسام لتجذبها للسقوط ويعطى اسم جذب جزئي للقوة التي تضم جزئيات الاجسام لبعضها

والجذب العام فعل ثابت لكن سببه مجهول بالكلية وتكلم فيه كثير من الفلاسفة المتقدمين مثل ديموكريت وإبيقور وغيرهما ونسبوه الى ميل المادة نحو مركز الارض ومركز الكواكب وقال كيبلر بوجود جذب مشترك بين الشمس والارض والكواكب السيارة وعرف أيضا كل من باكون وغليلى وهوك الجذب العام لكن يفتون هو اول من استنتج من قوانين كيبلر على حركة الكواكب السيارة أن الميل قانون عام وأن جميع الاجسام تتجاذب لبعضها على حسب تركيب كتلها وعلى حسب عكس مربع المسافة

وأثبت نيوتن جذب المادة بالمادة ووصل بواسطة الجهاز المسمى بميزان كاونديس الى صيرورة الجذب المؤثر بكرة غليظة من الرصاص على كرة صغيرة من النحاس محسوسا

* (المبحث الثاني في التساقل) *

التساقل هو القوة التي بها تسقط الاجسام المتروكة ونفسها نحو مركز الارض وهذه القوة التي ليست الاحالة مخصوصة من الجذب العام تنسب الى الجذب المشترك الواقع بين كتلة الارض وكتل الاجسام

والتساقل

* (٢١) *

والتناقل يؤثر كالميل على حسب عكس مربع المسافة بالنسبة الطردية للكتل ويؤثر على جميع الاجسام بشرط أن لا تتجاوز حد جذبها وأما صعود بعض الاجسام في الهواء كالسحاب والدخان والقياب الطائرة فسيأتي في موازنة السائلات أنه يلزم نسبة سببه لنفس التناقل

* (المبحث الثالث في اتجاه التناقل العمودي والافقي) *

متى أثرت الاجزاء المادية لكرة بالمجذب على حسب عكس مربع المسافة على جزء خارج هذه الكرة يبرهن في الميكانيك أن ناتج جذب جميع أجزائها يكون عين المجذب اذا كانت أجزء الكرة منضمة في مركزها وينتج من هذه القاعدة أن جذب الارض في كل نقطة من سطحها يكون متجهاً نحو مركزها ومع ذلك ففرطح الارض من القطبين وعدم تماثل أجزائها فيه ما وعدم تساوى سطحها أسباب يمكنها تغيير اتجاه التناقل لكن بمقدار قليل غير محسوس ويسمى الخط المستقيم الذي تتبعه الاجسام حال سقوطها اتجاهها رأسياً بالتناقل والخطوط الرأسية تتباعد في جميع نقط الكرة تباعداً محسوساً نحو مركز الارض ويتغير اتجاهها من محل الى آخر لكن في النقط القريبة من بعضها مثل اجزاء الجسم الواحد أو الاجسام المتجاورة تعتبر الاعمدة متوازية وفي الواقع حيث ان الشعاع المتوسط للارض أعنى نصف القطر المنسوب لارض ٤٥ درجة ٦٣٦٧٤٠٠ متر فالزاوية المتكونة بين هذه الخطوط الرأسية تكون غير مشاهدة بالبصر ومع ذلك ففي النقطتين المتباعدتين عن بعضهما لا تهمل الزاوية المتكونة وتكون تقريباً ثانياً ١٢ درجة ٢ بين أعمدة باريس والدونكيرك وثانية ٢٨ درجة ٧ بين أعمدة باريس والبارسلون وتعين الزاوية المتكونة بالخطوط الرأسية لمحلين مختلفين بملاحظة كوكب واحد في كل من المحلين ثم تقاس الزاوية التي يكونها الشعاع البصري مع الخط الرأسى فالفرق بين الزاويتين الموجودتين هو الزاوية بين الخطين الرأسين

ويقصدون بالخط الافقى أو السطح الافقى خطاً أو سطحاً عمودياً على الخط الرأسى

* (المبحث الرابع في خيط الرصاص) *

يتعين الاتجاه الرأسى في أى محل بواسطة خيط الرصاص وهو خيط معلق فيه كرة صغيرة من الرصاص شكل ٨

* (٢٢) *

فاذا ثبت هذا الخيط من طرفه العلوي وترك
ونفسه أخذ عادة الاتجاه الراسي لانه سيأتي
عن قريب أن الجسم الذي ليس له النقطة
ارتكاز واحدة لا يكون في حالة الموازنة الا اذا
كان مركز ثقله ونقطة ارتكازه موضعين
على خط رأسي واحد ولا يمكن أن يستدل بخيط
الرصاص ان كان اتجاه الثقل ثابتا في محل
أم لا وفي الواقع اذا شوهد أن خيط الرصاص
الموازي ابتداءً محاط ببناء زالت موازنته لها



لا يقال هل الثقل الذي غير اتجاهه أو المحاط التي مالت لكن سنشاهد في الكلام
على خواص السائلات أن سطحها لا يملك أفقياً أي لا يكون مستوياً الا اذا كان عمودياً
على اتجاه الثقل وبناء على ذلك اذا تغير اتجاه الثقل تغير بالتبعية له استواء البحار
وثبات هذا الاستواء يكون حينئذ دليلاً على ثبات اتجاه الثقل ومع ذلك فيزوغ خيط
الرصاص عن الاتجاه الراسي بقربه من كتلة عظيمة كجبل وقد أثبت كل من كوندامين
وبوجير أن الجبل يحدث في خيط الرصاص زوگاً مقداره v

* (الفصل الثاني في الكثافة والثقل ومركز الثقل وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في الكثافة المطلقة والكثافة النسبية) *

كثافة الجسم هي كتلته في وحدة الاحجام أعني كمية المادة المكونة له ولا يمكن أن يقال
ما هي الكثافة المطلقة ولا يمكن الاتعين كثافته النسبية أعني مقدار المادة المحتوى
عليها في حجم معين بالنسبة لحجم مثله من جسم آخر مأخوذ وحدة للمقابلة وهذا الجسم هو
الماء المقطر درجة v للأجسام الصلبة والسائلة والهواء للغازات وبناء على ذلك اذا
قيل ان كثافة الخارصين v معنى ذلك أن الحجم من هذا المعدن يحتوي على مادة أكثر
مما يحتوي عليه حجم مثله من الماء v مرات

* (المبحث الثاني في الثقل) *

يعين في جميع الاجسام ثقل مطلق وثقل نسبي وثقل نوعي فالثقل المطلق لجسم هو
الضغط الذي يحدثه على المعارض الذي يمنع عن السقوط وهذا الضغط ليس شيئاً آخر

خلاف

(٢٣)

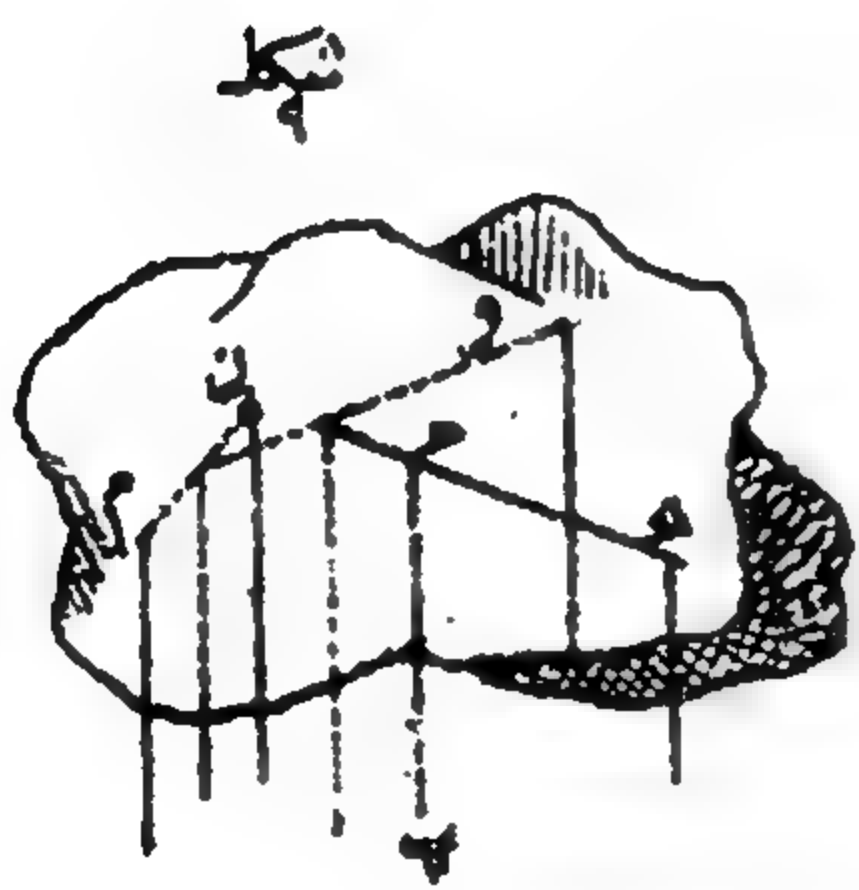
خلاف نتيجة تأثير التناقل على كل من أجزاء الجسم وينتج من ذلك أنه يكون أكثر كلاً
احتوى الجسم على كثير من المادة ويوضح ذلك بأن يقال إن ثقل الجسم مناسب
لكتلته والثقل النسبي لجسم هو الثقل الذي يتعين بواسطة الميزان وهو أن ينسب الثقل
المطلق لجسم إلى ثقل آخر معين مأخوذ وحدة وهذه الوحدة هي الجرام وحينئذ متى وجد
أن جسم ما يزن ٨ جراماً فالثمانية والنحسون هي الثقل النسبي وباختيار وحدة أخرى
يتغير الثقل النسبي لكن الثقل المطلق لا يتغير والثقل النوعي لجسم هو نسبة ثقل حجم
معين منه إلى ثقل حجم مساو له من الماء المقطر درجة ٤ + مثال ذلك إذا قيل إن الثقل
النوعي للخارصين ٧ دل ذلك على أن الحجم من الخارصين يزن قدر حجم مساو له من الماء
المقطر درجة ٤ + ٧ مرات

وحيث أن ثقل الأجسام المتساوية الأحجام مناسب لكتلتها ينتج من ذلك أنه إذا احتوى
جسم على مادة أكثر مما يحتوى عليه الماء بمرتين أو ثلاثة لزم أن يكون هذا الجسم
أثقل من الماء بمرتين أو ثلاثة وبناء على ذلك فالنسبة بين الأثقال أو الوزن النوعي يلزم
أن تكون عين النسبة التي بين الكتلة أو بين الكثافة النسبية ولهذا يعتبر كل من
الكثافة النسبية والثقل النوعي في الغالب مكافئات

(المبحث الثالث في مركز التناقل وتعيينه بالتجربة)

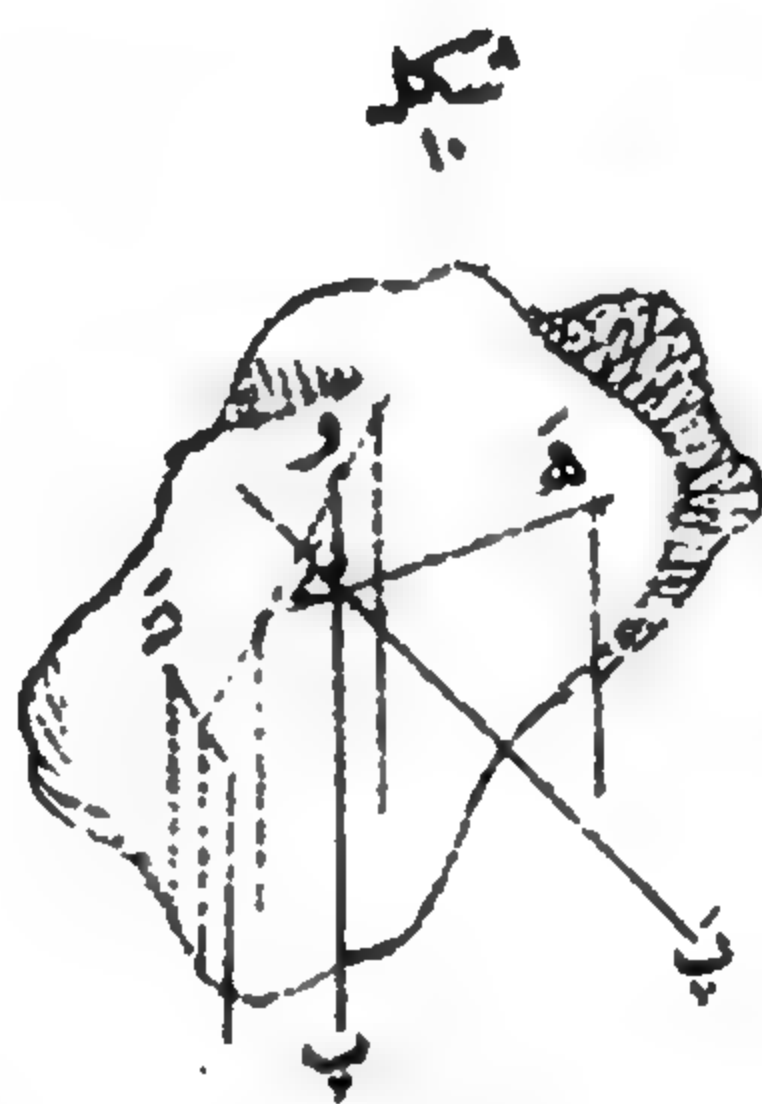
مركز التناقل لجسم هو النقطة التي يمر بها ناتج تأثير قوة التناقل على جميع أجزاء هذا
الجسم مهما كانت أوضاعه وكل جسم له مركز تناقل واحد وفي الواقع أنه يمكن كنه كنه
حيثما اتفق شكل ٩

وحروف م ن و ه أجزاءها
فحيث أن جميع هذه الأجزاء متحركة
بقوة التناقل على حسب الاتجاهات
الرأسية ينتج من ذلك جملة قوى
متوازية يتحصل ناتجها بالمبحث أولاً
عن ناتج القوتين المحركتين لمجزأين
حيثما اتفق مثل م ن بالكيفية
المتقدمة في تركيب ناتج القوى
المتوازية ثم عن ناتج ناتج القوتين



والقوة المحركة للجزء الثالث وهكذا الى أن يتحصل الناتج الاخير ب المؤثر في ج
مبيناً ثقل الجسم وبنائه على ذلك اذا أعطى للجسم وضع آخر كما يظهر من شكل ١٠

فثبت أن الاجزاء م ن و ه
متحركة أيضاً بنفس القوى التي كانت
متحركة بها حيثما كان الجسم
في الوضع الموضع في شكل ٩ فناتج
القوى المؤثرة في م ن يستمر على
المرور من نقطة و ثم الناتج الذي
يليه من نقطة و وهكذا الى الناتج
ب الذي يمر أيضاً بنقطة ج ومن



هذه النقطة يقطع اتجاه ج ب الذي كان ناتج الجسم في الوضع الاول و يحصل مثل
ذلك في جميع الاوضاع التي تعطى للجسم ونقطة ج التي يمر بها اتجاه الثاقل هي مركز
التثاقل والبحث عن مركز التثاقل لا يجرى من متعلقات علم الهندسة لكن يمكن تعيينه
حالا في جملة احوال مثال ذلك في الخط المستقيم المتماثل مركز التثاقل يوجد في وسط
المستقيم وفي الدائرة يكون في المركز ومثلها السكرة وفي الاسطوانة يكون في وسط المحور
ويوضح في الاستماتيك ان مركز التثاقل في المثلث يوجد على الخط الذي يتصل من أحد
رؤوسه الى وسط الضلع المقابل له وفي ثلثي هذا الخط بالذهاب من جهة الرأس وفي الهرم
يكون موضوعاً على المستقيم الذي يوصل قته بمركز ثقل قاعدته وفي ثلاثة أرباع هذا
المستقيم بالابتداء من جهة القمة ويكون كذلك في المخروط ويمكن في عدة احوال
تعيين مركز التثاقل بالتجربة ولاجل ذلك يعطى الجسم في خيط على الت والى وهو في وضعين
مختلفين كما يتضح من شكل ١١ و ١٢

ثم يبحث عن النقطة التي فيها الخيطات د
في الوضع الثاني يقطع اتجاه ا ب الذي
كان للخيط في الوضع الاول فهذه النقطة
هي مركز التثاقل المبحوث عنه وفي الواقع
لا يمكن جعل الموازنة في كل وضع
الا



الا اذا كان مركز التثاقل موضوعا تحت نقطة تعليق الخيط وعلى اتجاهاه وينتج من ذلك أن مركز التثاقل يلزم أن يكون موضوعا على اتجاهاى الخيط وبناء على ذلك فى نقطة تقاطعهما وفى الاجسام التى شكلها وتساثلها غير متغير يكون وضع مركز التثاقل ثابتا وأما فى عكس ذلك فيتغير وضع مركز التثاقل كما يحصل فى الحيوانات مثلا التى فيها يتغير وضع مركز التثاقل على حسب أوضاعها

(المبحث الرابع فى موازنة الاجسام الثقيلة)*

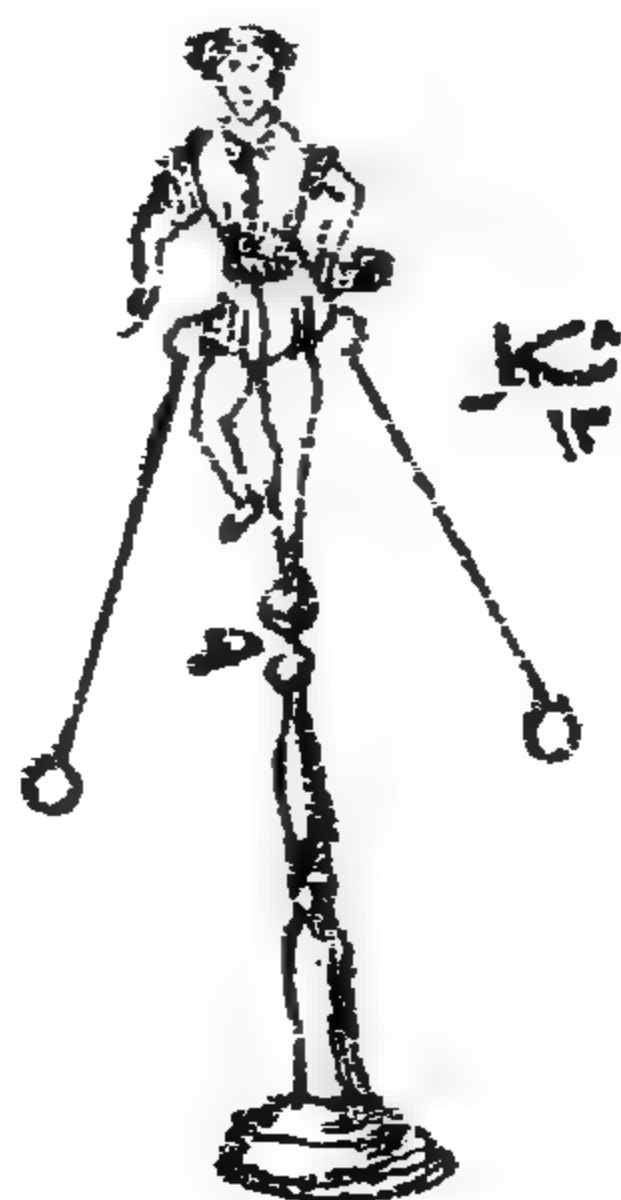
حيث ان قوة التثاقل المؤثرة فى الجسم ترجع لقوة واحدة رأسية متجهة من أعلى الى أسفل ومؤثرة فى مركز التثاقل فيكفى لوضعه فى الموازنة اتلاف هذه القوة بمقاومة نقطة ثابتة ترميها

(المبحث الخامس فى أحوال الموازنة المختلفة)*

على حسب وضع مركز التثاقل بالنسبة لنقطة الارتكاز تظهر ثلاث حالات للموازنة حالة الموازنة الثابتة وحالة الموازنة الغير الثابتة وحالة الموازنة المتوسطة بين الثابتة والغير الثابتة

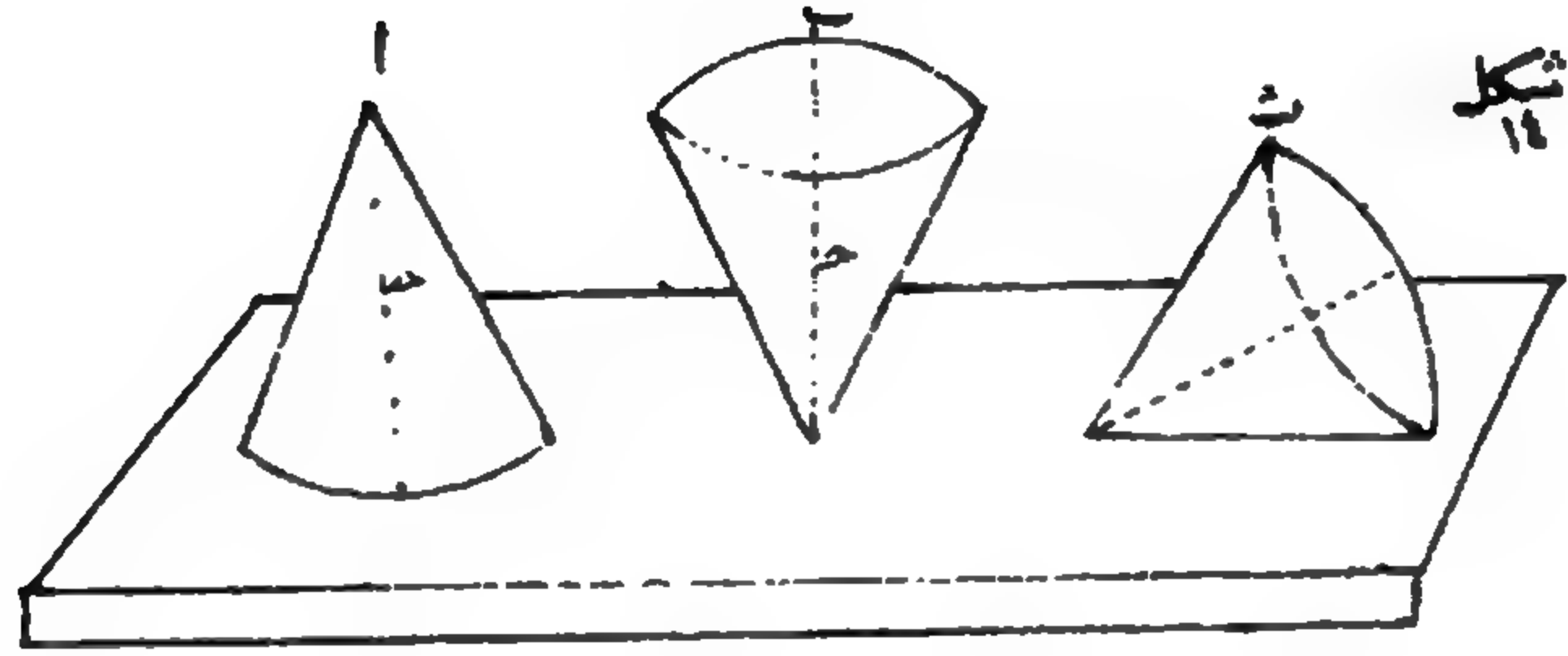
فالموازنة الثابتة هى حالة الجسم الذى اذا أبعد عن وضعه فى الموازنة رجع اليها من نفسه بمجرد زوال المانع وتظهر هذه الحالة دائما متى كان الجسم فى وضع بحيث يكون فيه مركز ثقلها كثيرا انخفاضاً مما فى جميع أوضاعه الاخر فاذا تحول الجسم حينئذ عن وضعه ارتفع مركز ثقلها وحيث ان قوة التثاقل تميل على الدوام الى خفضه يرجع الجسم ثانية الى وضعه الاول بعد عدة حركات وتحصل الموازنة كما هى حالة بندول الساعة أو حالة بيضة على سطح أفقى حينما يكون محورها الاعظم موازياً لهذا السطح ويمثل للموازنة الثابتة بصورة انسان صغير مصنوعه من العاج شكل ١٣

واقفة على رجل واحدة وحاملة لقضيبين من معدن فى كل منهما كرة من الرصاص نازلة أسفل نقطة الارتكاز لى يوجد فى جميع الاوضاع مركز التثاقل جـ للكرتين والصورة الصغيرة أسفل نقطة الارتكاز وبذلك تحفظ الصورة الموازنة حتى لو حركت حركات خفيفة لا تسقط



* (٢٦) *

والموازنة الغير الثابتة هي حالة الجسم الذي يميل الى تركها اذا أبعد عن وضعه في الموازنة وتظهر هذه الحالة دائماً متى كان الجسم في وضع يكون فيه مركز ثقله أكثر ارتفاعاً عما اذا كان في وضع آخر لأن بتحويله ولو قليلاً يصير مركز ثقله منخفضاً وقوة الثقل تميل الى زيادة خفضه وهذه حالة البيضة المرتكزة على سطح أفقي بحيث يكون محورها الاكبر رأساً أي مرتكزة بأحد ذبائتها والحالة تبوت وضع في الموازنة على أصبع وتسمى موازنة متساوية أي متوسطة بين الثابتة والغير الثابتة الموازنة التي تثبت في جميع الاوضاع التي يأخذها الجسم ويوجد نوع هذه الموازنة متى لم يكن مركز ثقل الجسم في أوضاعه المختلفة مرتفعاً ولا منخفضاً كما يحصل في عجلة عربية ممسوكة بمحورها أو كرة مرتكزة على سطح أفقي وشكل ١٤



يبين ثلاثة أنواع أ ب ث موضوعة على التوالي في موازنة ثابتة وغير ثابتة ومتساوية وحرف ج يعين وضع مركز الثقل

* (الفصل الثالث في نوايس سقوط الاجسام والبندول وفيه مباحث) *

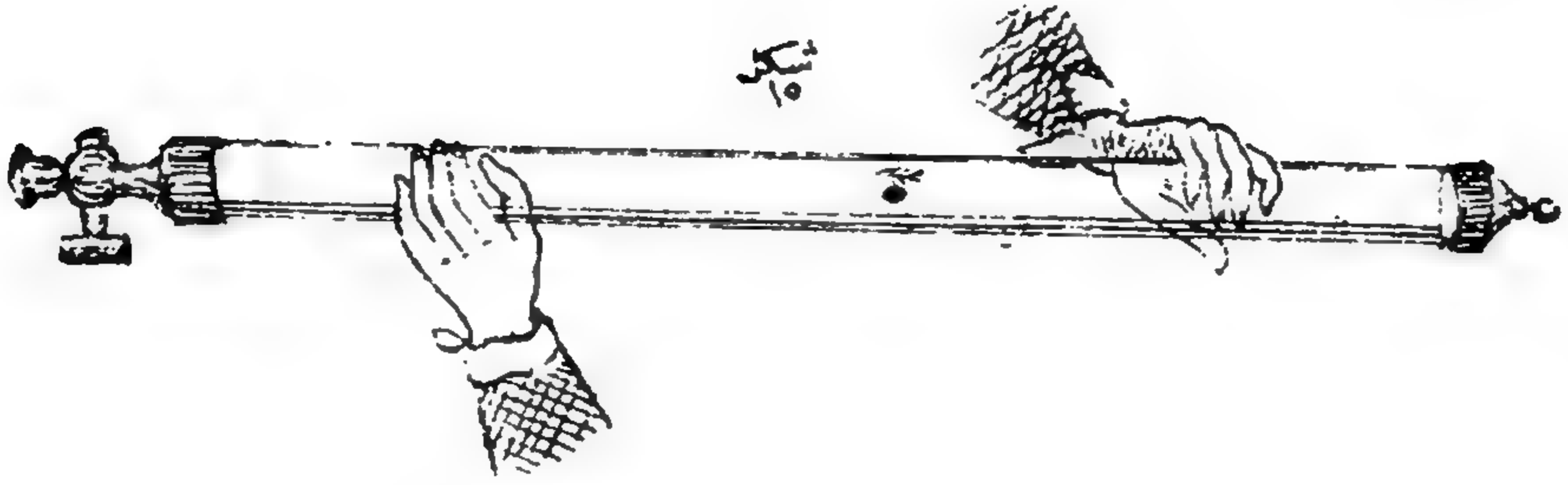
* (المبحث الاول في سقوط الاجسام) *

نوايس سقوط الاجسام اذا قطعنا النظر عن مقاومة الهواء أي فرضنا سقوط الاجسام في الفراغ يكون سقوطها منقاداً الى الثلاثة نوايس الآتية

القانون

* (٢٧) *

القانون الاول ان جميع الاجسام تسقط في الفراغ بسرعة واحدة ويثبت هذا
الناموس بالتجربة بواسطة أنبوبة من زجاج شكل ١٥



طوله ا متران تقريبا مسدودة أحد الطرفين ومطرفها الثاني منته بحنفية من نحاس
فيوضع فيها أجسام مختلفة الكثافة كالرصاص وخشب الفلين والورق وزغب الريش
ثم يفرغ منها الهواء بواسطة الآلة المفرغة وتقلب الأنبوبة بسرعة فيشاهد سقوط
جميع الاجسام التي وضعت فيها بسرعة واحدة لكن اذا أدخل قليل من الهواء
في الأنبوبة وقلبت ثانيا يظهر تأخر الاجسام الخفيفة قليلا ثم يصير هذا التأخير واضحا
بالكلية متى امتلئت الأنبوبة بالهواء وحينئذ فالاجسام تسقط في الهواء بسرعات مختلفة
وهذا ناشئ عن مقاومة الهواء وليس عن شدة تأثير الثقالة على بعض الاجسام دون
البعض الآخر

فالجسم الذي كتلته أكبر من كتلة جسم آخر يمرّتين يكون في الحقيقة مجذوبا بجهة
الارض بقوة مزدوجة لكن هذه القوة المزدوجة بتحريكها كمية مزدوجة من المادة
لا يمكن أن تعطيها الانفس درجة السرعة التي يقبلها الجسم الآخر الصغير من قوة أصغر
منها بمرتين

ومقاومة الهواء للاجسام عند سقوطها تكون واضحة بالخصوص في سقوط السوائل
فانها تنجز في الهواء وتسقط قطرات وفي الفراغ تسقط كلها مكونة لكتلة صلبة
بدون تجزئ وتثبت هذه الظاهرة بواسطة المطرقة المائية وهي أنبوبة من زجاج غليظة

* (٢٨) *

قليلاً ما ولها من ٣٠ الى ٤٠ سنتيمتراً بالماء لنصفها وتعلق على المصباح بعد طرد
الماء منها بالغلي فحقى قلبت هذه الأنبوبة بسرعة قرع الماء عند سقوطه قاع الأنبوبة
السفلى وحدث صوت ناشف كما تحدثه صدمة جسمين صلبين

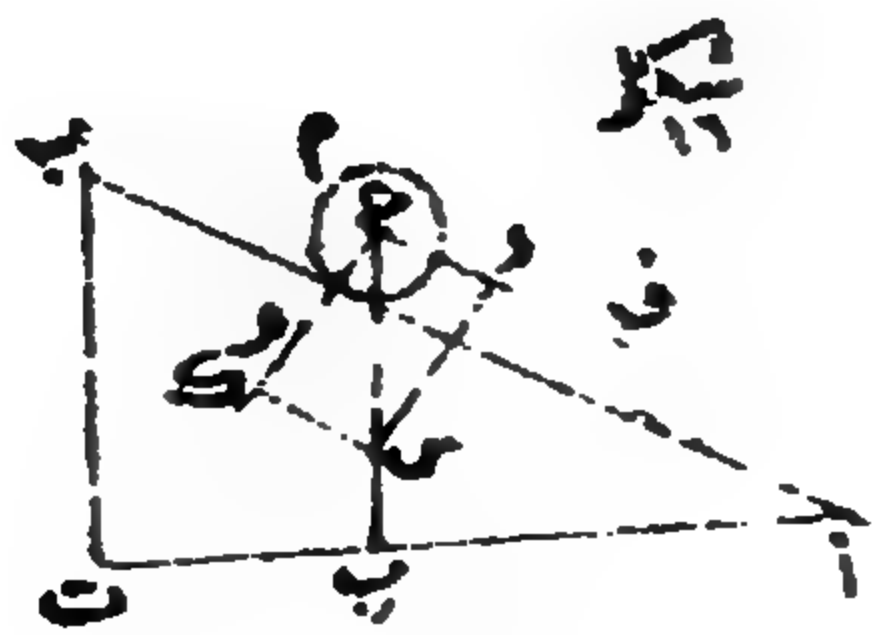
الناموس الثانى المسافات المقطوعة بسقوط الجسم فى الفراغ تكون متناسبة مع مربع
الازمان التى قطعها فاذا بينت الازمان بواحدواثنين وثلاثة وأربعة كانت المسافات
المقطوعة مبينة بواحد وأربعة وتسعة وستة عشر

الناموس الثالث ان سرعة الجسم المكتسبة بسقوطه فى الفراغ تكون متناسبة مع
زمن سقوطه أعنى أنه كلما كبر الزمن مرتين أو ثلاثة أو أربعة كبرت السرعة المكتسبة
مرتين أو ثلاثة أو أربعة

وحيث بمقتضى الناموس الثانى أن المسافة المقطوعة فى الثانية الاولى هى واحد
والمسافات المقطوعة فى ثابتهين وثلاث وأربع وخمس ثوان هى ٤ ٩ و ١٦ و ٢٥
ينتج من ذلك أن المسافة المقطوعة فى نفس الثانية الثانية ٤ - ١ أعنى ٣ وفى
نفس الثانية الثالثة ٩ - ٤ أعنى ٥ وفى نفس الثانية الرابعة ١٦ - ٩ أعنى ٧
وهكذا أعنى أن المسافات المقطوعة على التوالى فى الثانية الاولى والثانية والثالثة
والرابعة وهكذا تكون بين بعضها كالأعداد الوترية ١ ٣ ٥ ٧ ٩ وهلم جرا
ونواميس سقوط الاجسام لا تكون حقيقة الا فى الفراغ وفى السقوط من ارتفاعات
قليلة وأما فى الهواء فتتنوع بسبب المقاومة التى تلاقها الاجسام وزيادة على ذلك أن
شدة التناقل ليست واحدة فى الارتفاعات الجوية المختلفة كما سيأتى

(المبحث الثانى فى السطح المائل)

اخترعت جملة أجهزة لاثبات نواميس سقوط الاجسام كالسطح المائل وآلة أتود وغير ذلك
يسمى سطحاً مائلاً كل سطح كوّن مع سطح أفقى زاوية أقل من قائمة وكلما كانت هذه الزاوية
أكثر حادة كلما ضعفت سرعة الجسم الساقط على السطح المائل وفى الواقع اذا مرنا
بحرفى ا ب شكل ١٦



(٢٩)

للسطح المائل وبحرفي ا ث للسطح الافقي وبحرفي ب ث للعمود النازل من نقطة ب من السطح المائل على السطح الافقي وبحرف م نجسم حينما اتفق مركزه على السطح المائل فتقله ب يمكن تحليله الى قوتي ك وف أحدهما عمودية على السطح المائل والاخرى موازية له فالاولى تتعدى بمقاومة السطح وتؤثر قوة ف وحدها على جسم م وتقهره على السقوط

ولاجل معرفة مقدار قوة ف يجعل على ج ب طول هو ج ش الدال على ثقل ب ويتم متوازي الاضلاع د ج ك ش فقوة ف تكون حينئذ مبدئية بمقدار د ج وحيث أن مثلثي د ج ش وا ب ث متشابهان حيث زواياهما متساوية ينتج

$$\frac{جس}{جس} = \frac{بث}{ا ب} = \frac{ا ب}{بث}$$

ويستنتج من هذه المساواة الاخيرة أن قوة ف تكون أكثر صغرا بالنسبة لقوة ب كلما كان ارتفاع ب ث من السطح المائل أكثر صغرا بالنسبة لطول ا ب ويمكن حينئذ صيرورة قوة ف صغيرة أيضا متى أريد وضبط حركة جسم م بحيث يمكن حساب المسافة المقطوعة على السطح المائل في ثانية أو ثانيتين أو ثلاثة بدون أن تتغير نواويس الحركة حيث أن قوة ف تكون مستمرة وثابتة

وبهذا العمل أوري المعلم غيلبي أن المسافات المقطوعة تزداد على حسب مربع الزمان

(المبحث الثالث في البندول)

يميز نوعان من البندول البندول البسيط والبندول المركب فالبندول البسيط أو التصوري هو الذي يتكون من نقطة مادية ثقيلة معلقة بخيط غير قابل للتمدد عديم الجرم والثقل في نقطة ثابتة يتذبذب حولهاذبذبة خالصة أي يتحرك حركة ذهاب وإياب كثيرة السرعة أو قليلة لها بدون عائق ونوع هذا البندول لا يستعمل الا لتعيين نواويسذبذبة البندول بالحساب

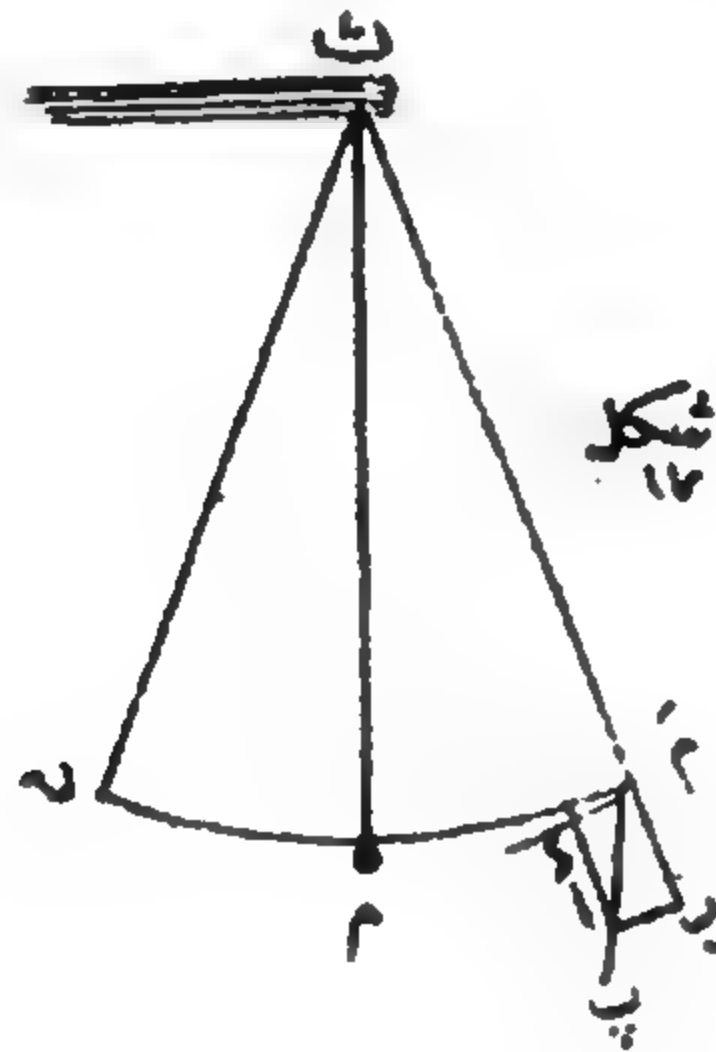
والبندول المركب هو كل جسم أمكنه التحرك حول نقطة أو محور ثابت ومتى تحرك البندول حول نقطة سميت هذه النقطة مركز التعليق وإذا تحرك حول مستقيم أفقي سمي هذا المستقيم محور التعليق والبندول المركب هو الذي يمكن تركيبه بأشكال

* (٣٠) *

مختلفة لكنه يتركب على العموم من كتلة معدنية عدسية الشكل أو كروية معلقة في ساق يتحرك حول محور أفقي كبندول الساعة.

ويعاق البندول المركب إما بواسطة سكة مشابة لسكة الميزان أو بواسطة صفيحة من صلب رقيقة سهلة الانحناء تنحني انحناء خفيفاً في كل حركة.

ولاحظ حساب حركة ذبذبات البندول نعتبر أولاً بندولاً بسيطاً ثم فيه م النقطة المادية و ث مركز التعليق كما في شكل ١٧



فتى وجدت نقطة م أسفل

نقطة ث على الخط الرأسى

المار بهذه النقطة كان تأثير

التثاقل معدوماً لكان إذا

انتقلت نقطة م الى م تحلل

ثقلها ب الى قوتين أحدهما

تجبه على حسب استطالة م ب من الخيط والثانية على حسب المماس م د لقوس

م م ن بقوة م ب تنعدم بمقاومة نقطة ث وقوة م د تحرك النقطة المادية

للنزول من م الى م وبوصولها النقطة م لا يقف البندول لانه يجذب بالنظر للقصور

الذاتى في اتجاه م ن وبناء على ذلك اذا كثر ذلك من نقطة حيثما اتفق من قوس

م ن كما ابتدئ من نقطة م يعرف أن التثاقل الذى أثر من م الى م كقوة

متزايدة يؤثر من م الى ن كقوة بطيئة ويرفع حينئذ من المتحرك سرعته المكتسبة

مدة نزوله ويلزم ان ينقص من السرعة نفس المقدار الذى ازداد من م الى م بالضبط

بحيث يصير معدومة بالكلية متى ارتفع البندول الى ن أعلى من وضع م فى نفس الارتفاع

الذى لنقطة م وبرجوع البندول حينئذ من ن نحوم تحدث عين جميع الظواهر

المذكورة ويستمر البندول حينئذ متحركاً على الدوام قاطعاً أقواساً متساوية من جهتي

نقطة م ولكن ليس كذلك فى التجارب لان هناك سببين يساعداً بدون انقطاع على

تأخير

(٣١)

تأخير الحركة بل على اعداءها أو لهما مقاومة الوسط أى الهواء الذى فيه يتحرك البندول
والثانى الاحتكاك الذى يحصل على محور التعليق

نواميس ذبذبات البندول الذبذبة هى مرور البندول من م الى ن وقوس م ن هو
سعة الذبذبة وطول البندول البسيط هو المسافة من نقطة التعليق ث الى النقطة
المادية م

ويبرهن فى الميكانيك أن ذبذبات البندول البسيط فى الفراغ متقاربة للاربع نواميس
الآتية

الاول أن الذبذبات الصغيرة للبندول الواحد تكون متساوية أى تحصل فى أزمان
متساوية مادامت سعتها لا تتجاوز بعض حدود كن درجتين الى ثلاثة وتستمر مساوات
الذبذبات الصغيرة للبندول فى الهواء كما تستمر فى الفراغ وفى الواقع قد أوردى الحساب
أن مقاومة الهواء التى تزيد فى مدة الذبذبة النصفية النازلة تنقص من مدة الذبذبة
النصفية الصاعدة كمية مساوية وترجعها السعتها لكن اذا كان الهواء لا يغير تساوى
الذبذبات الصغيرة بمقاومته الا أنه يزيد فى مدتها بسبب فقد الثقل الذى يكابده
البندول المغمور فى الهواء

الثانى أن البناديل المتساوية الاطوال تكون مدة ذبذباتها فى الفراغ واحدة مهما كان
الجسم المتكون منه البندول أعنى أن البناديل البسيطة التى نقطها المادية تكون
من خشب الفلين ومن الرصاص ومن الذهب تفعل عددا واحدا من الذبذبات فى زمن
واحد اذا كانت أطوالها متساوية

الثالث أن البناديل الغير متساوية الاطوال تكون مدة ذبذباتها فى الفراغ مناسبة
بجذر مربع أطوالها أعنى اذا صار طول البندول أكبر ٤ و ٩ و ١٦ وهكذا تكون
مدة ذبذباته ٢ و ٣ و ٤ وهكذا

الرابع أن مدة ذبذبات البناديل المتساوية الاطوال تكون فى المحلات المختلفة من
الارض على حسب عكس جزم ربع شدة التناقل

طول البندول المركب القوانين المتقدم ذكرها تطبق أيضا على البندول المركب لكن
يلزم حينئذ معرفة ما يسمى بطول البندول المركب ولاجل ذلك نلاحظ أن كل بندول
مركب متكون من ساق ثقيل منته بكتلة كثيرة الاعتبار أو قليلته والنقط المادية

(٣٢)

المختلفة لمجموع ذلك تميل بمقتضى الناموس الثالث للبندول لان تفعل ذبذباتها في ازمان تكون أكثر طولاً كلما كانت أكثر بعداً من نقطة التعليق لكن حيث ان جميع هذه النقاط مرتبة بصفة يسوية وتفعل بالضرورة ذبذباتها في زمن واحد ينتج من ذلك أن حركة النقطة الاكثر قرباً من محور التعليق تكون متأخرة بخلاف حركة النقطة الاكثر بعداً فانها تكون متزائدة ويوجد حينئذ بين هذين الوضعين نقطتان تكونان سرية ولا بطيئة وتتذبذب كأنها غير متصلة بباقي المجموع

وحيث ان هذه النقطة في بعد واحد من محور التعليق فيستكون من مجموعها محور ذبذبة مواز للأول فهذه المسافة التي من محور التعليق الى محور الذبذبة هي المسماة بطول البندول المركب أعني أن طول البندول المركب هو طول البندول البسيط الذي يفعل ذبذباته في زمن واحد

ومحور الذبذبة يتم خاصية محور التعليق أعني اذا علق البندول من محور الذبذبة بقيت مدة الذبذبات واحدة وهذا يثبت أن طول البندول لم يتغير وهذه الخاصية تعطى بواسطة لايجاد طول البندول المركب ولاجل ذلك يقرب البندول ويعلق بواسطة محور متحرك يوضع بعد جملة تحسيسات في نقطة ما بحيث أن عدد الذبذبات يكون في الزمن الواحد كما كان فيه قبل الانقلاب ومتى تمحصات هذه النتيجة كان الطول المبحوث عنه هو المسافة من محور التعليق الثاني الى المحور الاول

وطول البندول الذي يضرب الثواني أعني الذي يفعل ذبذبته في ثانية يتغير مع تغير شدة التاقل فيكون طوله

تحت خط الاستواء ٣٣.٠٩٩١ ر. م

في باريس ٣٦.٩٩٣٨ ر. م

في القطب ٧١.٩٩٦٥ ر. م

استعمال البندول يستعمل البندول لاثبات أن قوة التاقل تحرك جميع الاجسام بشدة واحدة ويستعمل أيضاً لتعيين شدة التاقل في النقاط المختلفة من الكرة الارضية واستعمل بالنظر لتساوي ذبذباته منظما للساعات واستعمل لغير ذلك

(الباب الثالث في الكلام على السوائل وفيه فصول)

(الفصل الاول في الايدروستاتيك أي موازنة السائلات وفيه مباحث)

*(المبحث

* (٣٣) *

* (المبحث الأول في القصد من الايدروستاتيك أى موازنة السائلات) *

الايدروستاتيك علم غايته دراسة شروط موازنة السائلات وشروط الضغط الذى تحدثه سواء كان على كتلها أو على جدران الاواني الحاوية لها والعلم الذى يبحث عن تحريك السائلات يسمى ايدرو ديناميك وتطبيق علم الايدرو ديناميك على فن توصيل ورفع المياه يسمى بالايدرو ليك ولا تتكلم هنا الا على الايدروستاتيك

* (المبحث الثانى فى الاوصاف العامة للسائلات) *

تقدم فى الكلام على احوال الاجسام أن السائلات اجسام اجزاؤها متعادلة بالنظر لضعف تماسكها لضعف قوة تميل لتحويلها عن محلها وينتج من ذلك أن هذه الاجسام لا تختص بشكل ثابت وانها مطيعة بلا انقطاع لتأثير التثاقل وتأخذ فى الحال شكل الاواني التى تنصب فيها

ومع ذلك فسيولتها ليست تامة لانه يوجد دائماً بين اجزائها التصاق يحدث لزوجة كثيرة أو قليلة وهذه اللزوجة تتغير من سائل الى آخر وهى معدومة تقرريباً فى بعض السوائل كالتيار والكحول وكثيره الظهور فى حمض الكبريتيك وفى الزيوت الدسمة وفى المحاليل المشحونة بالسكر أو الصمغ

ومجموعة السائلات توجد فى أعلى درجة فى الغازات والذى يميز هذين النوعين من الاجسام هو أن السائلات تتصف بقبولية ضغط عمير الظهور و مرونة كذلك بخلاف السوائل الهوائية فانها قابلة للانضغاط والتمدد فى أعلى درجة وتثبت مجموعة السائلات بسهولة سيلانها واخذها جميع أنواع أشكال الاواني الحاوية لها وأما ضعف قبولية انضغاطها فيثبت بالتجربة الآتية

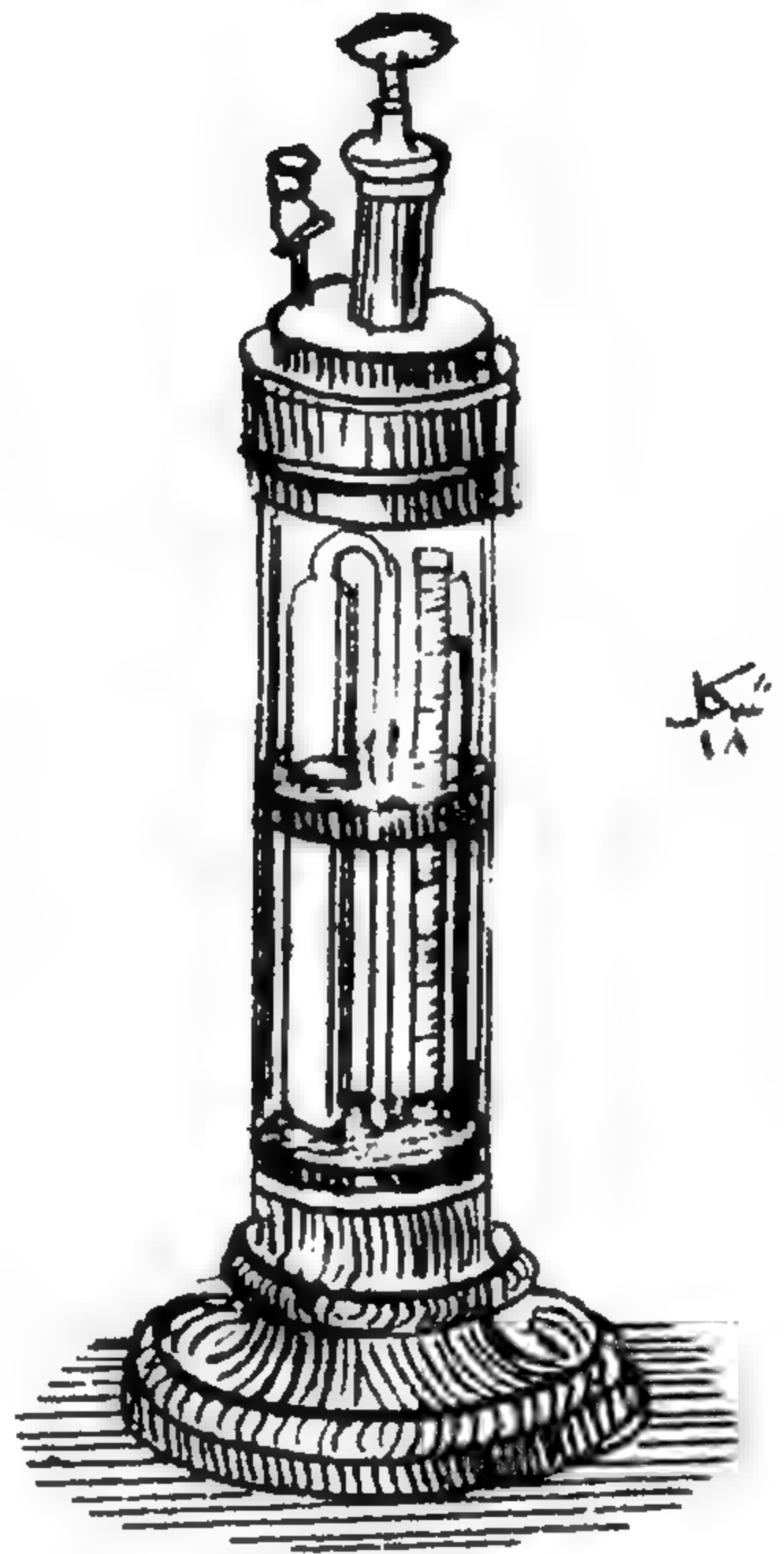
* (المبحث الثالث فى قابلية انضغاط السائلات) *

بمقتضى تجربة أرباب العلوم بفلورانس المتقدم ذكرها فى الكلام على المسام اعتبرت السائلات زمناً طويلاً غير قابلة للانضغاط بالكلية ثم ثبت من التجارب المختلفة التى فعلت فى شأن ذلك أن جميع السائلات قابلة للانضغاط كثيراً و قليلاً وسميت الاجهزة المعدة لتقدير انضغاط السوائل بالبيزومتر ونذكر منها هنا جهاز أريستود مع التنوعات

* (٣٤) *

التي فعلها فيه المعلم ديسبيرتز والمعلم سيجي ويتركب هذا الجهاز من اسطوانة من بلور
تخينة الجدران قطرها من ٨ الى ٩ سنتيمتر شكل ١٨

وهذه الاسطوانة التي تملأ بالماء امتلاء تاما
مسدودة من قاعدتها بقائمة من النحاس تلحم
فيها التحاما قويا بالمصطكي وجزؤها العلوى
يتنظم بالضبط في وقاية اسطوانية من النحاس
ويستد بقرص يقسم على حسب الارادة وهذا
القرص يحمل قعر المعدل داخل الماء في
الاسطوانة وجسم طلونية صغير فيه مكبس
محكم الغلق يحرك بواسطة برمة كاسية ب
وفي باطن الجهاز حوض من زجاج ايملا
بالسائل المراد ضغطه وهذا الحوض منته من
جزئه العلوى بانبوبة شعرية تنحني وتنغمر
في الحوض الزئبقى وهذه الانبوبة مقسمة
من قبل الى ع اجزاء متساوية السعة ولاجل
تعيين ع من هذه الاقسام المحتوى عليها
حوض ا ليكن ب ثقل الزئبق الموجود
في ع اقسام الانبوبة الشعرية في درجة الصفر



وب ثقل الزئبق الموجود في حوض ا درجة الصفر ايضا فتحصل المساواة

$$\frac{ع}{ع} = \frac{پ}{پ} \quad \text{ومن ذلك ينتج} \quad \frac{ع}{پ} = \frac{پ}{ع}$$

وبالجملة فيوجد في باطن الاسطوانة ما نؤمتر ذوالهواء المنحصر وهو انبوبة من زجاج ب
طرفها العلوى مغلق وطرفها السفلى المفتوح مغمور في الحوض الزئبقى وفتى لم يفعل
أدنى ضغط على الماء المالى للاسطوانة تكون انبوبة ب ملاءنة بالهواء بالسكينة لكن

متى

* (٣٥) *

مئى انضغط ماء الاسطوانة بواسطة برمة ب والمكبس انتقل الضغط للزئبق فيرتفع في أنبوبة ب ويضغط الهواء المنحصر فيها

ومسطرة ث المدرجة الموضوعة بطول ه- هذه الأنبوبة تبين نقص حجم الهواء المنضغط وعلى موجب نقص الحجم هذا يعرف مقدار الضغط الواقع على السائل المنحصر في الاسطوانة ولاجل عمل التجربة بهذا الجهاز يملأ أولاً حوض ا بالسائل المراد ضغطه ثم تملأ الاسطوانة بالماء بواسطة قع ر وتبرم حينئذ برمة ب بحيث ينزل المكبس فينضغط الماء والزئبق الموجودان في الجهاز وبهذا الضغط يرتفع الزئبق في أنبوبة ب وفي الأنبوبة الشعرية الملحومة في حوض ا كما يدل عليه الشكل وارتفاع الزئبق في الأنبوبة الشعرية يدل على أن السائل المنحصر في حوض ا نقص حجمه وبه يعرف أيضاً مقدار انضغاط السائل حيث علم أن الحوض المذكور يحتوى ع من أقسام الأنبوبة المدرجة

والمعلم اريستودفرض في تجاربه أن سعة الحوض لا تتغير حيث أن الضغط واقع على جدرانها من الظاهر والباطن على حدسوا لكن أثبت التحليل الرياضى نقص هذا الحجم بتأثير الضغط الظاهرى والباطنى وعلى حسب اعتبار تغير هذه السعة فعلمت تجارب المعلم كوللادون واستورم ووجد هذان المعلمان حينئذ في الضغط المساوى لثقل الهواء الجوى في درجة الصفر هذا النقص الآتى

زئبق	... ٥ من مليون من الحجم الاصلى
ماء مقطر محتوى على هواء	٠٤٩ شرحه
ماء مقطر خال عن الهواء	٠٥١ شرحه
اتيركريتيك	١٣٣ شرحه

ومهما كان الضغط المعترض له السائل فانه بمجرد زوال الضغط عنه يرجع لحجمه الاصلى كما ظهر من التجربة

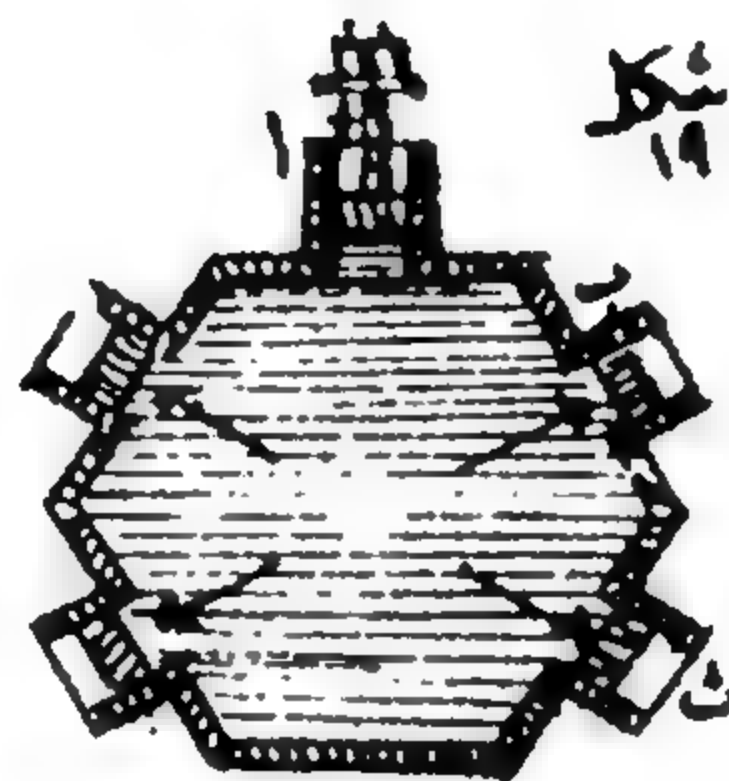
(المبحث الرابع فى قانون تساوى الضغط أو قاعدة بسكال)

إذا اعتبرت السوائل تامة المرونة ومتصفة بسيولة تامة وفرض أنها خالية عن التثاقل يتوصل للقاعدة الآتية المعروفة بقاعدة تساوى الضغط وقاعدة بسكال لانه هـ أول من وضعها وهى أن الضغط الواقع على السائل ينتقل فى جميع الجهات بشدة واحدة

* (٣٦) *

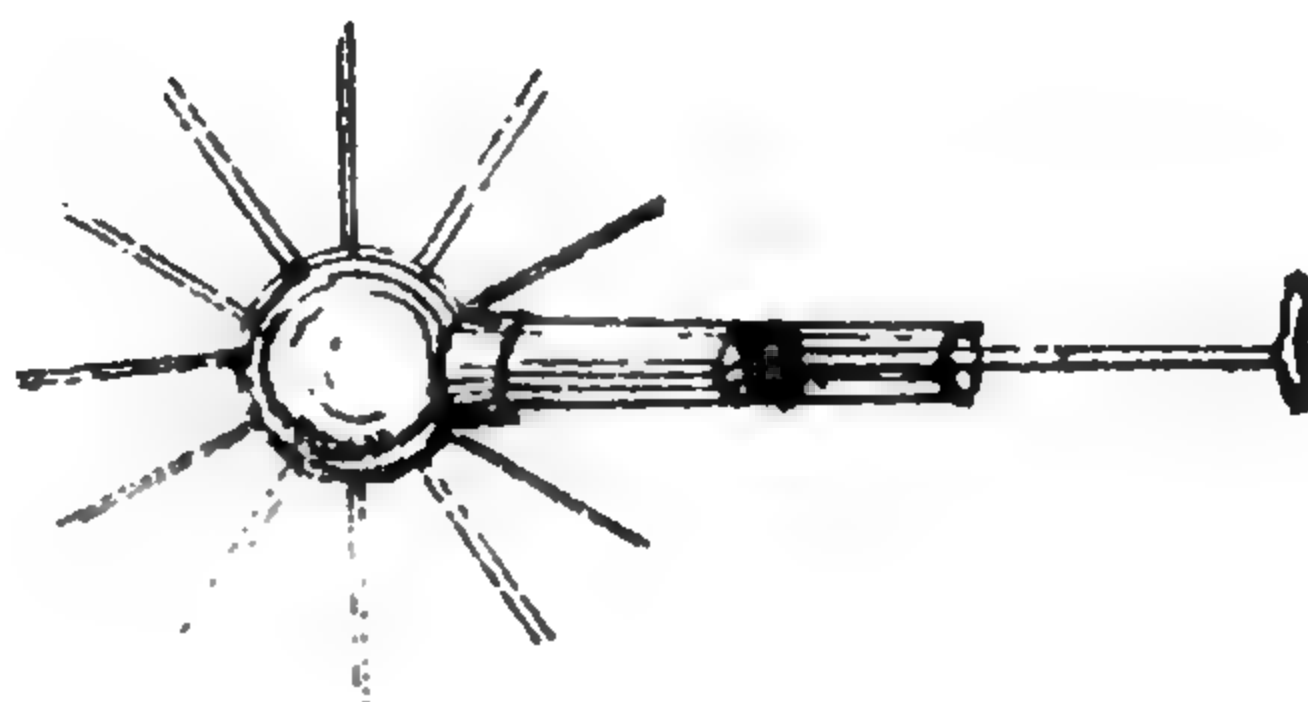
على كل سطح مساو للسطح الواقع عليه الضغط ولاجل توضيح هذه القاعدة نفرض
انه اذا شكل قاملان بالماء أو بسائل آخر نفرضه بدون ثقل وعلى جدران الاناء فتحات
اسطوانية مختلفة ا ب ث الخ مغلقة بمكبس متحركة شكل ١٩

فاذا أثر على المكبس العلوى ا من الخارج
الى الداخل ضغط ما كعشرين كيلو جرام مثلا
انتقل هذا الضغط حالا على السطح الداخل
لمكبس ب ث الخ ويصير جميعها مدفوعا
من الداخل الى الخارج بضغط ٢٠ متى كان
سطح كل منها مساويا لسطح المكبس الاول
لكن السطح الاكبر من سطح المكبس الاول
بمرتين أو ثلاثة يكون الضغط المنتقل عليه ٤٠
أو ٦٠ كيلو جرام أعنى أن الضغط المنتقل
يكون متناسبا مع الاسطح التى تقبله



ويمكن بالتجربة الآتية اثبات انتقال الضغط في جميع الجهات وهى تفعل باسطوانة
يتحرك فيها مكبس كما فى شكل ٢٠

منتهية بكرة محوطة بموضوع
عليها أنابيب صغيرة
اسطوانية عمودية على
جدرانها وكل من
الكرة والاسطوانة مملآن
بالماء فاذا دفع المكبس
فى الاسطوانة شوهد خروج
الماء من جميع الفتحات
وليس فقط من الفتحة
المقابلة للمكبس

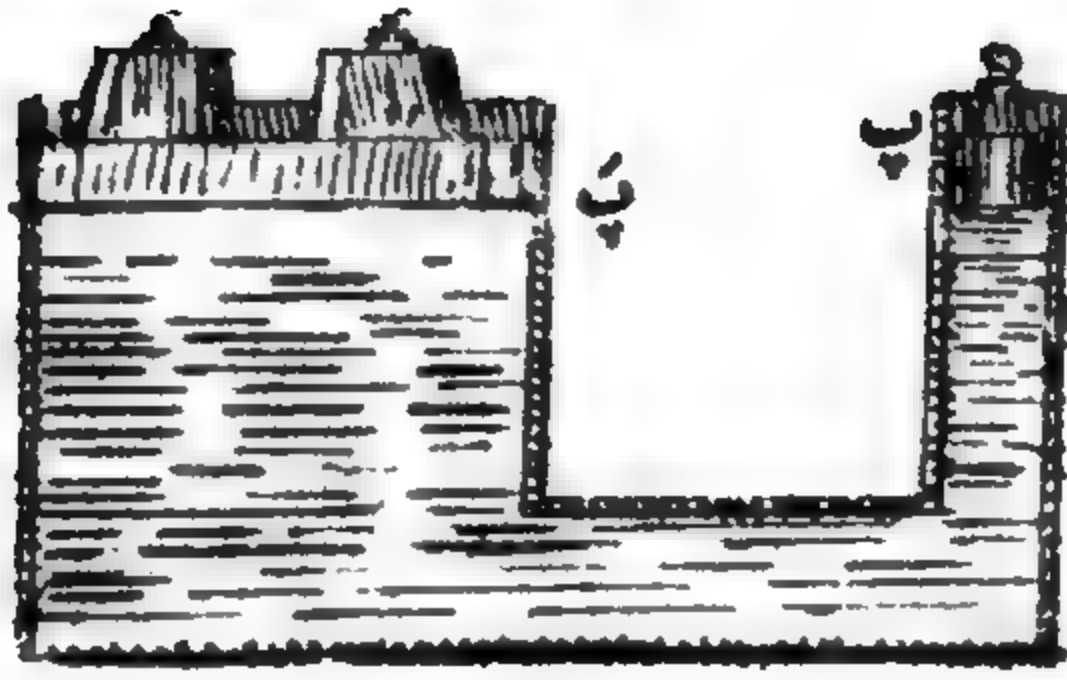


وأما

* (٣٧) *

وأما تناسب الضغط مع الأسطح فلا يمكن إيضاحه بتجربة منتظمة بسبب تأثير ثقل
السوائل واحتكاك المكابس ومع ذلك فيتوصل لتحقيق ذلك بالتقريب بالتجربة
الموضحة في شكل ٢١

شكل
٢١



وهي تفعل بأسطوانتين غير متساويتين القطر مستطورتين بفتحة يملآن بالماء وعلى سطح
السائل مكبس مرتزان ب ب يغلقان الأسطوانتين غلقاً محكماً لئلا يمكنهما
الانزلاق فيهما باحتكاك لطيف جداً والمفروض أن سطح المكبس الأكبر قد رسطح
المكبس الأصغر ٣٠ مرة مثلاً فاذا وضع على المكبس الأصغر ثقل ما وليكن ٢
كيلوجرام انقل الضغط الناتج حالاً على الماء وعلى المكبس الأكبر وحيث أن هذا
الضغط يكون ٢ كيلوجرام على كل جزء من سطح مساو لسطح المكبس الصغير
ينتج من ذلك أن المكبس الكبير يلزم أن يتحمل من أسفل إلى أعلى ضغطاً ثلاثين
مرتين أو ٦٠ كيلوجرام وفي الواقع إذا وضع على المكبس الكبير هذا الثقل
يشاهد ثبات الموازنة لئلا يمكن وضع ثقل أكثر أو أقل انقطعت الموازنة فاذا
رمزنا بحرف س للسطح الأكبر وس للسطح الأصغر من المكسبين أمكن أن نوضح

$$\frac{س}{س} = \frac{ب}{ب} \text{ وينتج من ذلك } \frac{س}{س} = \frac{ب}{ب}$$

(٣٨)

وفي جميع ما يأتي على الضغوط المنتقلة بالسوائل على جدران الاواني الحاوية لما يلاحظ
أن هذه الضغوط يلزم أن تكون دائماً مفروضة عمودية على الجدران وهو الواقع لأن
كل ضغط منحرف يمكن تحليله الى ضغطين أحدهما عمودي على الجدران والثاني متجه
على سطحه وحيث أن هذا الضغط الأخير ليس له تأثير على الجدران فيكون الضغط
العمودي هو المعتبر فقط * (تنبيه) * جميع ما قيل بخصوص قاعدة بسكال لا يختص
بجدران الاواني فقط بل بأجزاء السوائل في أي نقطة من كتلتها

(الفصل الثاني في الضغط المترائد في السوائل بالتساقل)

(وفيه مباحث)

(المبحث الأول في الضغط الرأسى من أعلى الى أسفل ونواميسه)

إذا كان السائل في انا وفي حالة السكون وفرض أنه منقسم الى طبقات أفقية متساوية
الثخن كان من الواضح أن كل طبقة تتحمل ثقل الطبقات التي تعلوها ويحدث تأثير
التساقل حيث تدفى كتلة السائل ضغوطاً باطنية مختلفة من نقطة الى أخرى وتكون
هذه الضغوط معرضة للنواميس الآتية

الأول أن الضغط على كل طبقة يكون مناسباً للعمق

الثاني إذا كان العمق واحداً والسوائل مختلفة كان الضغط مناسباً لكثافة السائل

الثالث أن الضغط يكون واحداً على جميع نقاط الطبقة الواحدة الأفقية

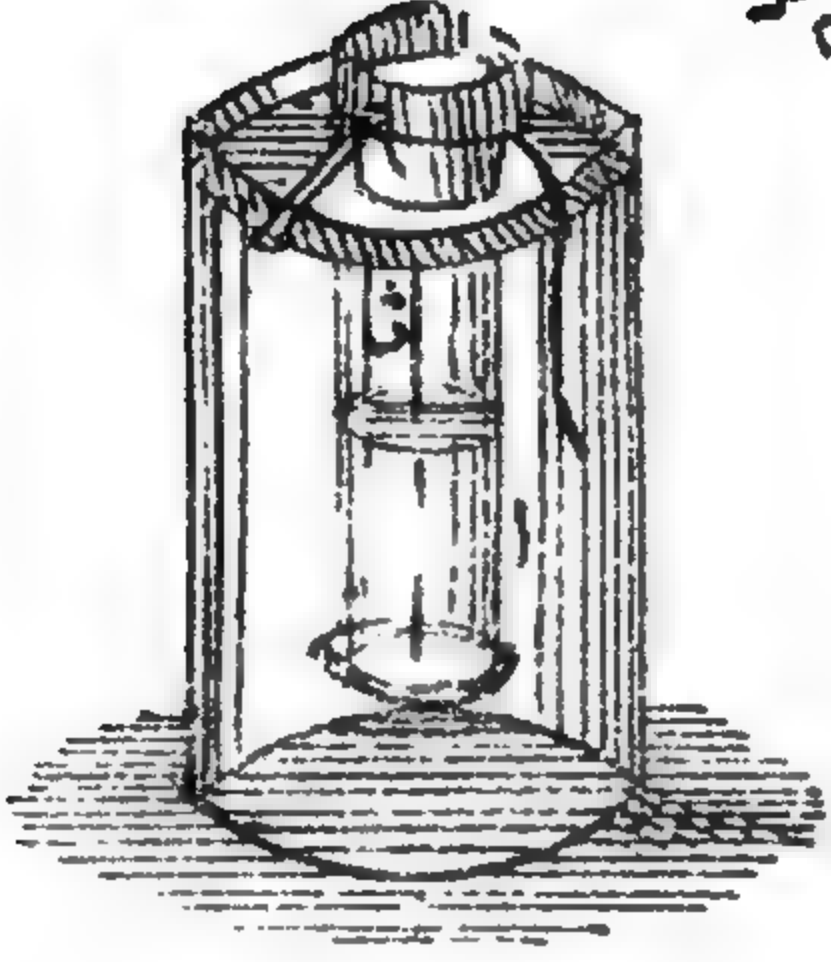
(المبحث الثاني في الضغط الرأسى من أسفل الى أعلى)

الضغط الذى تحدثه طبقات السائل العليا على طبقاته السفلى يولد في هذه الطبقات من
أسفل الى أعلى تأثيراً مساوياً ومضاداً وهو نتيجة قاعدة اتساقل الضغط في جميع
الجهات والضغط من أسفل الى أعلى هذا يسمى بدفع السوائل ويكون كثير الوضوح
عند غمر اليد في سائل كثير الكثافة كالزئبق ولأجل اثباته بالتجربة تستعمل أنبوبة

من زجاج مفتوحة الطرفين شكل ٢٢

* (٣٩) *

وبعد وضع القرص الزجاج والمستعمل سدادة داخل الطرف السفلى للانبوبة وامساكه بواسطة خيط ثابت المثبت فيه بخمرا لجميع في الماء ثم يترك الخيط ونفسه فيمكث القرص حينئذ موضوعا بين طرف الانبوبة وهذا يدل على أنه يحمل من أسفل الى أعلى ضغطا يزيد على ثقله وأخيرا اذا صب الماء في الانبوبة شيئا فشيئا تحمل القرص ثقل هذا السائل ولا يسقط الا في الزمن الذي فيه يتساوى ارتفاع الماء الباطني مع الماء الظاهري وهذا يثبت أن الضغط من أسفل الى أعلى الواقع على القرص مساو لثقل عمود من الماء قاعدته القطاع الداخلي لانبوبة ا وارتفاعه البعد الرأسى



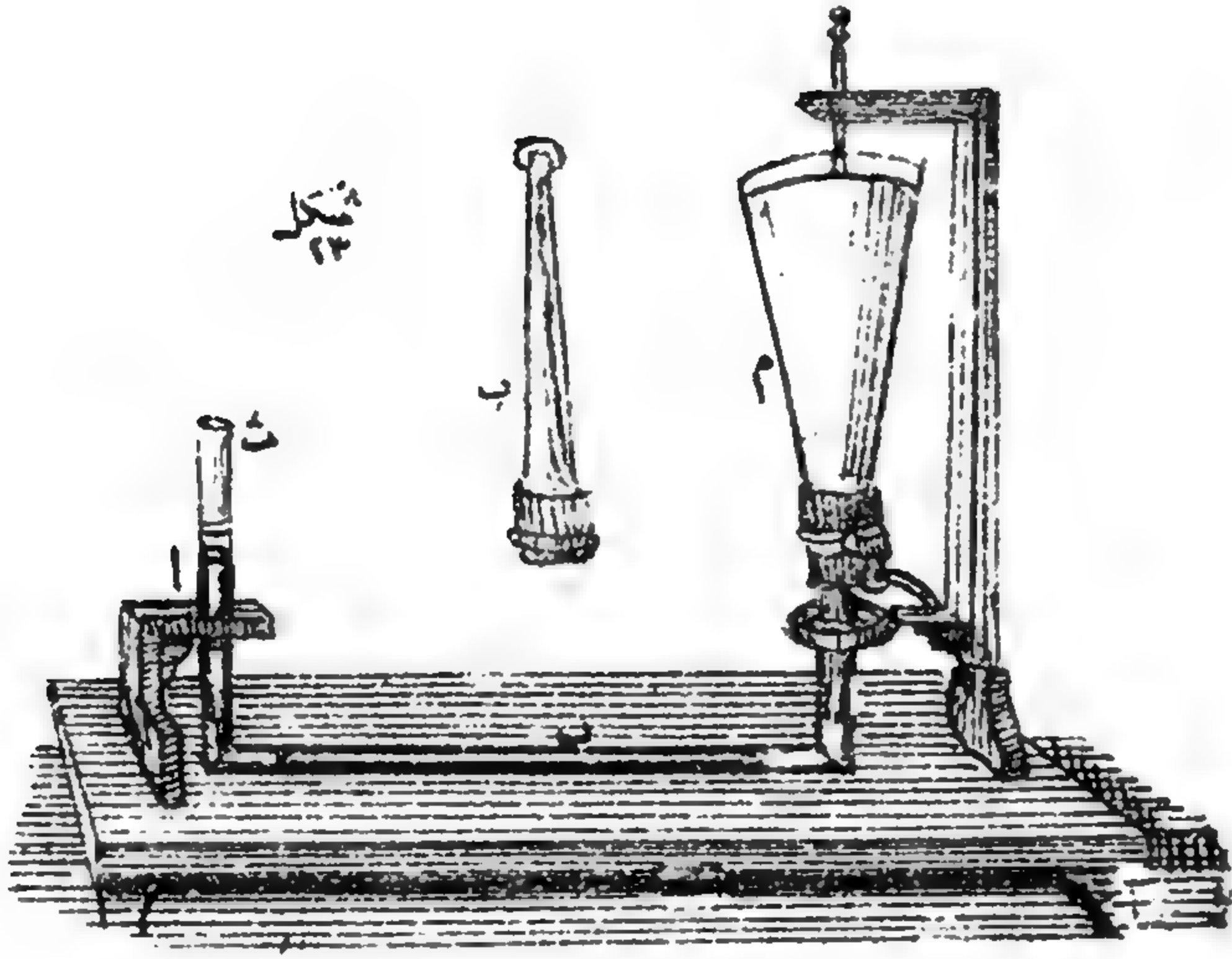
من القرص الى السطح العلوى للسائل المغمورة فيه الانبوبة وينتج من ذلك أن دفع السائل في نقطة ما من كتلته يكون منقادا للثلاثة قوانين التي للضغط الرأسى من أعلى الى أسفل

* (المبحث الثالث في عدم تعاق الضغط بشكل الاواني) *

الضغط الحاصل من سائل بالنظر لثقله على نقطة ما من كتلته أو على جدران الاناء المحاوى له يتعاق كما تقدم في الضغط الرأسى من أعلى الى أسفل بعمق وكثافة السائل ولا يتعاق بشكل الاناء ولا بكمية السائل

وهذه القاعدة يمكن اثباتها بالتجربة بجملة أجهزة نذكر منها هنا فقط جهاز الدات

شكل ٢٣



وهو يتركب من أنبوبة معوجة الطرفين ا ب ث منتهية في ا بحنفية من نحاس يمكن أن يثبت عليها بالتوالي انا م ب ارتفاعها واحد لكنهما مختلفا الشكل والسعة فالأول يكون مخروطيا والثاني يقرب للاسطوانية ولاجل عمل التجربة يمتدأ بصب الزئبق في أنبوبة ا ب ث بشرط أن لا يصل استواءه لحنفية ا حينئذ يثبت على الأنبوبة انا م ويملا بالماء فيدفع الماء بثقله الزئبق ويرفعه في شعبة ث التي فيها يعلم ارتفاعه بواسطة حلقة ا التي يمكنها الانزلاق بطول الشعبة المذكورة ويعلم كذلك استواء الماء في انا م بواسطة ساق متحرك وموضوع أعلاه ومتى فعل هكذا يفرغ انا م بواسطة الحنفية ويغك ويعوض باناء ب فيصب الماء في هذا الاناء يشاهد ان الزئبق الذي كان أخذ ارتفاعه الأول في شعبي أنبوبة ا ب ث ارتفع ثانيا في أنبوبة ث وفي الزمن الذي فيه يصل الماء في انا ب لنفس الارتفاع الذي كان له في انا م كما يعرف ذلك بواسطة ساق ويأخذ الزئبق في أنبوبة ث نفس الاستواء الذي كان له في الحالة الأولى كما تدل عليه حلقة ا ويستنتج من ذلك أن الضغط المنتقل للزئبق في الحالتين في اتجاه ا ب ث يكون واحدا ويكون هذا الضغط حينئذ غير متعلق بشكل الاناء ولا بكمية السائل

وينتج

* (٤١) *

و ينتج من التجربة المتقدمة أنه يمكن بكمية قليلة من السائل أحداث ضغط عظيم ولاجل ذلك يكفي أن يثبت في جدار أناء مغلق ملاء بالماء أنبوبة ذو قطر صغير وارتفاع عظيم فتى ملئت هذه الأنبوبة بالماء كان الضغط المنتقل على جدار الاناء مساويا لثقل عمود من الماء قاعدته هذا الجدار وارتفاعه مساويا لارتفاع الأنبوبة ويمكن حينئذ صيرورته عظيم امتي أريد وقد وصل بسكال الى تمزيق برميل متين التركيب بخط من الماء ارتفاعه عشرة أمتار وبمقتضى القاعدة التي أوضحناها يمكن بسهولة حساب الضغوط التي تحدث في قاع البحار وفي الواقع سنشاهد عن قريب أن ضغط الجو يعادل ضغط عمود من الماء ارتفاعه عشرة أمتار وحيث أن البحارة تشاهد في الغالب أن الجرس لا يصل لقاع البحار في عمق ٤٠٠٠ متر يكون هذا حينئذ ضغطا أكثر باربعائة مرة من ضغط الجو المؤثر في قاع بعض البحار

* (المبحث الرابع في الضغط على الجدران الجانبية) *

الضغوط التي يحدثها التناقل في كتلة السوائل تنتقل في جميع الجهات بمقتضى قاعدة بسكال وينتج من ذلك على كل نقطة من الجدران الجانبية للاواني ضغوط متقاربة للقوانين المتقدمة في الضغط الرأسى من أعلى الى أسفل وتأثيرها دائما عمودى على الجدران مهما كان شكلها لانه تقدم في قاعدة بسكال أن كل ضغط منحرف على الجدران يتحلل الى ضغطين أحدهما عمودى على الجدران وهو المحدث للضغط والثانى مواز ولا يحدث أدنى تأثير ونتيج الضغط الاول هو الذى يحدث الضغط الكلى على الجدران لكن يزداد هذه الضغوط بالنسبة للعمق وبالنسبة لاتساع الجدران لا يمكن ايجاد نتائجها الا بالحساب الذى يورى أن الضغط الكلى على جزء معلوم من الجدران يكون مساويا لثقل عمود السائل الذى قاعدته هذا الجزء من الجدران وارتفاعه المسافة الرأسية من مركز تناقله الى سطحه الخالص

ونقطة التعليق لهذا الضغط الكلى المسماة بمركز الضغط تكون دائما أنزل قليلا من مركز تناقل الجدران وفي الواقع اذا كانت الضغوط الحاصلة على النقط المختلفة من الجدران متساوية بين بعضها كان من الواضح أن نقطة تعليق نتائجها أغنى مركز الضغط منطبق على مركز تناقل هذه الجدران لكن حيث أن هذه الضغوط تزداد مع العمق يوجد مركز الضغط ضرورة منخفضة تحت مركز التناقل ويتعين وضع هذه النقطة بالحساب الذى

* (٤٢) *

يوصل للنتائج الآتية الأولى إذا كانت الجدران قائمة الزوايا وحافتها العليا مستوية مع الماء كان مركز الضغط موضوعاً من أعلى إلى أسفل على ثلثي الخط الضام لوسط جوانبه الأفقية الثانية إذا كانت الجدران مثبته الزوايا وقاعدتها أفقية مستوية مع الماء كان مركز الضغط في وسط الخط الضام لقمة المثلث مع وسط هذه القاعدة الثالثة إذا كانت الجدران مثبته الزوايا أيضاً وقفتها هي المستوية مع الماء وقاعدتها أفقية وجد مركز الضغط على الخط الضام لوسط هذه القاعدة بالقمة وفي ثلاثة أرباعه بالذهاب من القمة

حتى كان السائل متوازناً في أناه حدث على الجدران المتضادة على حسب كل طبقة أفقية ضغوط متساوية ومتضادة اثنين اثنين يتلف بعضها بعضاً بحيث لا يظهر حينئذ وجود هذه الضغوط لكنها تتحقق بواسطة البارم الأيدروليكي

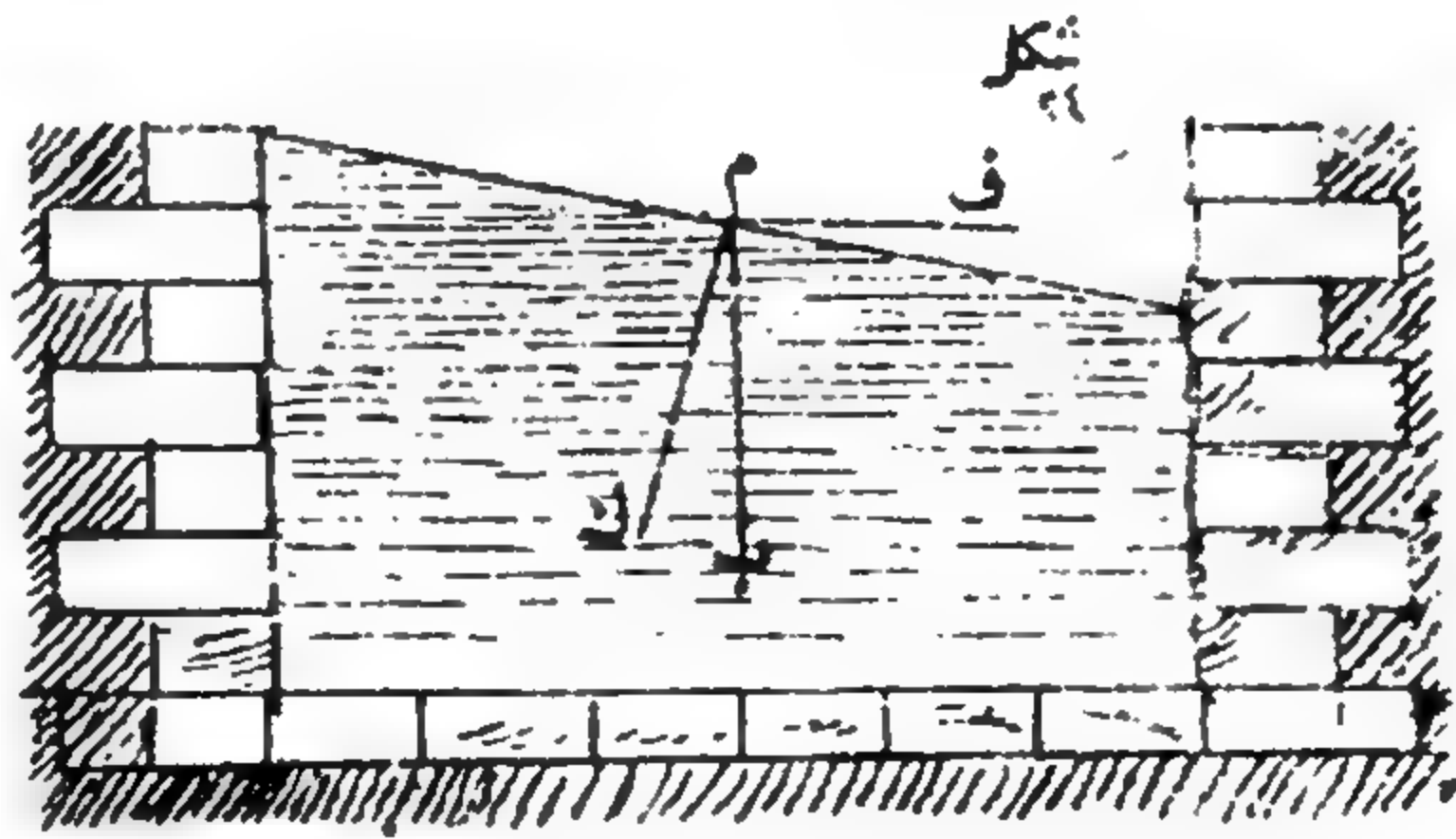
* (الفصل الثالث في شروط موازنة السائلات) *

* (وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في موازنة سائل في أناه واحد) *

لاجل أن يبقى السائل متوازناً في أناه ذي شكل ما يلزم أن يستوفي الشرطين الآتيين الأول يلزم أن يكون سطح السائل في جميع نقطه عمودياً على اتجاه ناتج القوى المحركة مجزئاته الثاني يلزم أن كل جزء يكابد من جميع الجهات ضغوطاً متساوية ومتضادة ولاجل إثبات ضرورة الشرط الأول نفرض أن م ب يدلان على اتجاه ناتج القوى المحركة مجزئاً ما مثل م من السطح كما في شكل ٢٤

وليكن هـ هذا السطح مائلاً بالنسبة لقوة م ب فهذه القوة يمكن تحليلها حينئذ إلى قوتين م ك وم ف الأولى عمودية على سطح السائل والثانية على اتجاه م ب وحيث أن الأولى



(٤٣)

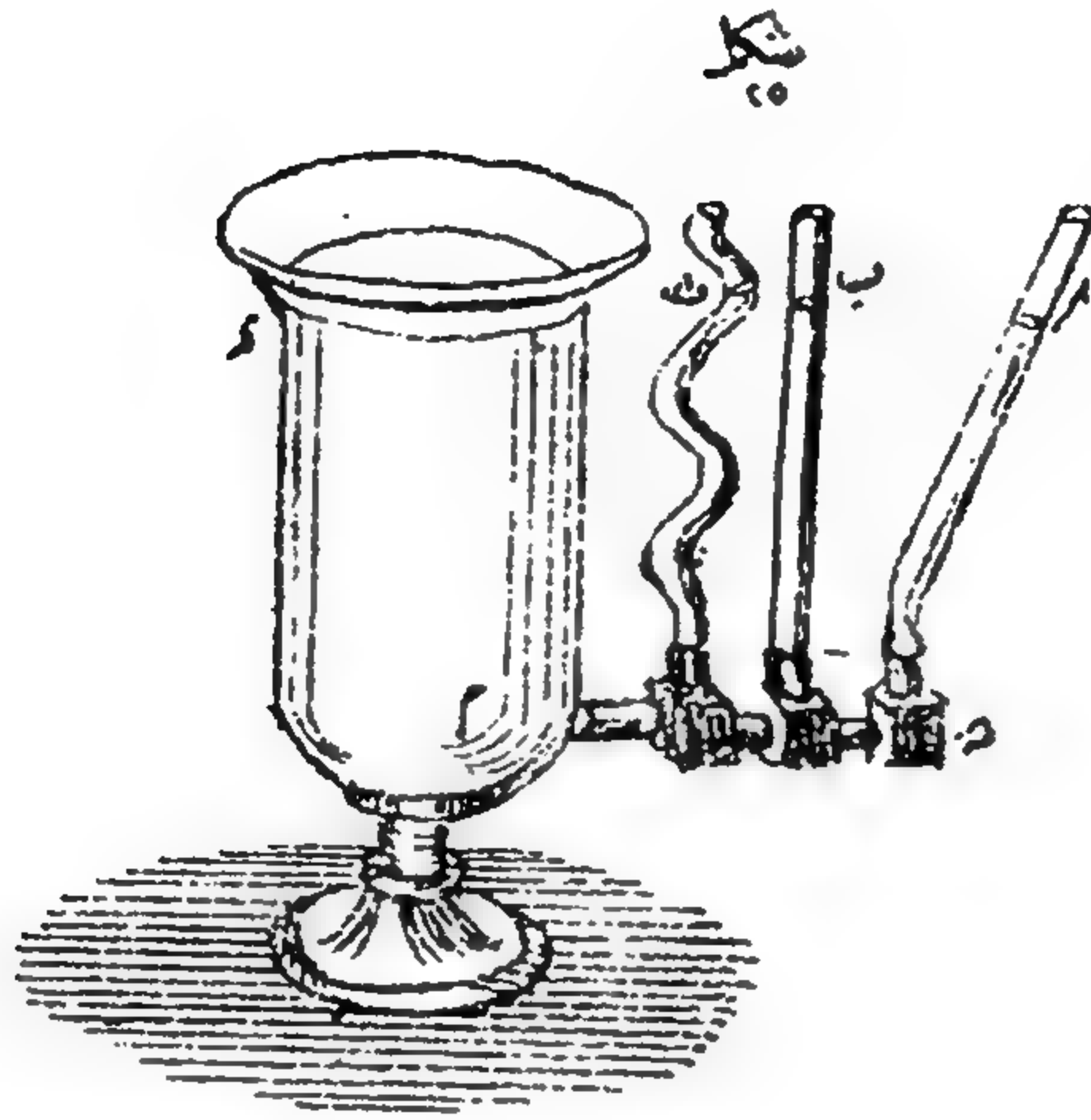
الاولى تنعدم بمقاومة السائل فالثانية هي التي تجذب الجزء في اتجاه م ف ويثبت من ذلك عدم امكان الموازنة واذا كانت القوة المحركة للسائل هي التناقل كان اتجاه م ب رأسيا وحينئذ يلزم لمحصل الموازنة أن يكون السطح الخالص للسائل مستويا وافقيا (كما تقدم في اتجاه التناقل الرأسى) اذا كان السائل منحصرا في اناء أو في حوض قليل الاتساع حيث يكون اتجاه التناقل حينئذ واحدا في كل نقطة لكن لا يكون كذلك سطح السائل الكثير الاتساع كسطح البحار وفي الواقع حيث من اللازم أن هذا السطح يصير في كل محل عموديا على اتجاه التناقل واتجاه التناقل يتغير من محل الى آخر لتوجهه دائما جهة مركز الارض ينتج من ذلك تغير اتجاه سطح البحار عند تغير اتجاه التناقل وبأخذ شكلا كرويا

ولاجل الاثبات بالتجربة أن خيط الرصاص يكون عموديا في كل محل على سطح السوائل المتوازنة فيمسك خيط الرصاص باليد كما تقدم في شكل ٨ وتغير مركزه في اناء مملوء بالماء فيشاهد حينئذ في الماء صورة الخيط على خط مستقيم مع الخيط بالضبط وهذا لا يحصل أبدا اذا كان الخيط مائلا على سطح السائل

وأما الشرط الثانى من الموازنة فهو واضح من نفسه لانه اذا كانت الضغوط المؤثرة على جزء ما في اتجاهين متضادين غير متساوية ومتضادة انجذب الجزء في اتجاه اكثرها ضغطا ولا تحصل الموازنة وهذا الشرط الثانى نتيجة قاعدة تساوى الضغط ونتيجة التأثير الذى يولده كل ضغط في كتلة السائل ويمكن التعبير عن ذلك بأن يقال ان الضغوط الرأسية في السائل المتوازن تكون متساوية على جميع نقاط الطبقة الافقية وفي الواقع حيث ان هذه الطبقة وجميع اجزائها موازية لسطح السائل الخالص وكائنه في عمق واحد تتحمل ضغوطا متساوية كما تقدم في الضغط الرأسى من أعلى الى أسفل

(المبحث الثانى في موازنة سائل في عدة أوان مستطرفة ببعضها)

متى كانت عدة أوان ذات شكل ما محتوية على سائل واحد ومستطرفة ببعضها فلا تحصل الموازنة الا اذا استوفى السائل في كل اناء الشرطين المتقدمين وزيادة على ذلك تكون أسطح السائل المختلفة الخالصة في جميع الاوانى موضوعة في سطح واحد أفقى ولتكن الاوانى المختلفة ا ب ث د المستطرفة ببعضها شكل ٢٥



فاذا توهمنا في أنبوبة الاستطراق م ن طبقة سائل رأسية فهذه الطبقة لا تبقى في الموازنة الا اذا كانت الضغوط الواقعة عليها من م نحو ن ومن ن نحو م متساوية ومنضادة لكن شاهدنا في الضغوط على الجدران الجانبية أن هذه الضغوط تكون مساوية لثقل عمود من الماء قاعدته الطبقة التي اعتبرناها وارتفاعه البعد الرأسى من مركز ثقلها الى سطح السائل الخالص واذا توهمنا حينئذ سطحاً أفقياً م ن ماراً بمركز ثقل هذه الطبقة شاهدنا أن الموازنة لا توجد الا اذا كان ارتفاع السائل الاعلى من هذا السطح واحداً في كل اناء وهذا هو الذى يثبت القاعدة

(المبحث الثالث في موازنة جملة سوائل موضوعة على بعضها) *

متى كانت جملة سوائل مختلفة موضوعة على بعضها في اناء واحد يلزم لمحصل الموازنة أن كلامنها يستوفي الشروط اللازمة مثل ما اذا كان سائل واحد كما تقدم في موازنة سائل في اناء واحد وزيادة على ذلك يلزم لاجل ثبات الموازنة أن تأخذ السوائل وضعها على حسب ترتيب كثافتها بالتناقص من أسفل الى أعلى ويثبت هذا الشرط الاخير بالتجربة بواسطة زجاجة طويلة ضيقة محتوية على زئبق وماء متشبع بكر بونات البوتاسا وكؤل ملون بالحمرة وزيت نفط فتى رجت الزجاجة اختلطت الاربعة سوائل لكن بمجرد ترك الزجاجة للهدو يرسب الزئبق الاكثر ثقلاً في القاع ثم يرسب أعلى الزئبق على التوالى الماء

* (٤٥) *

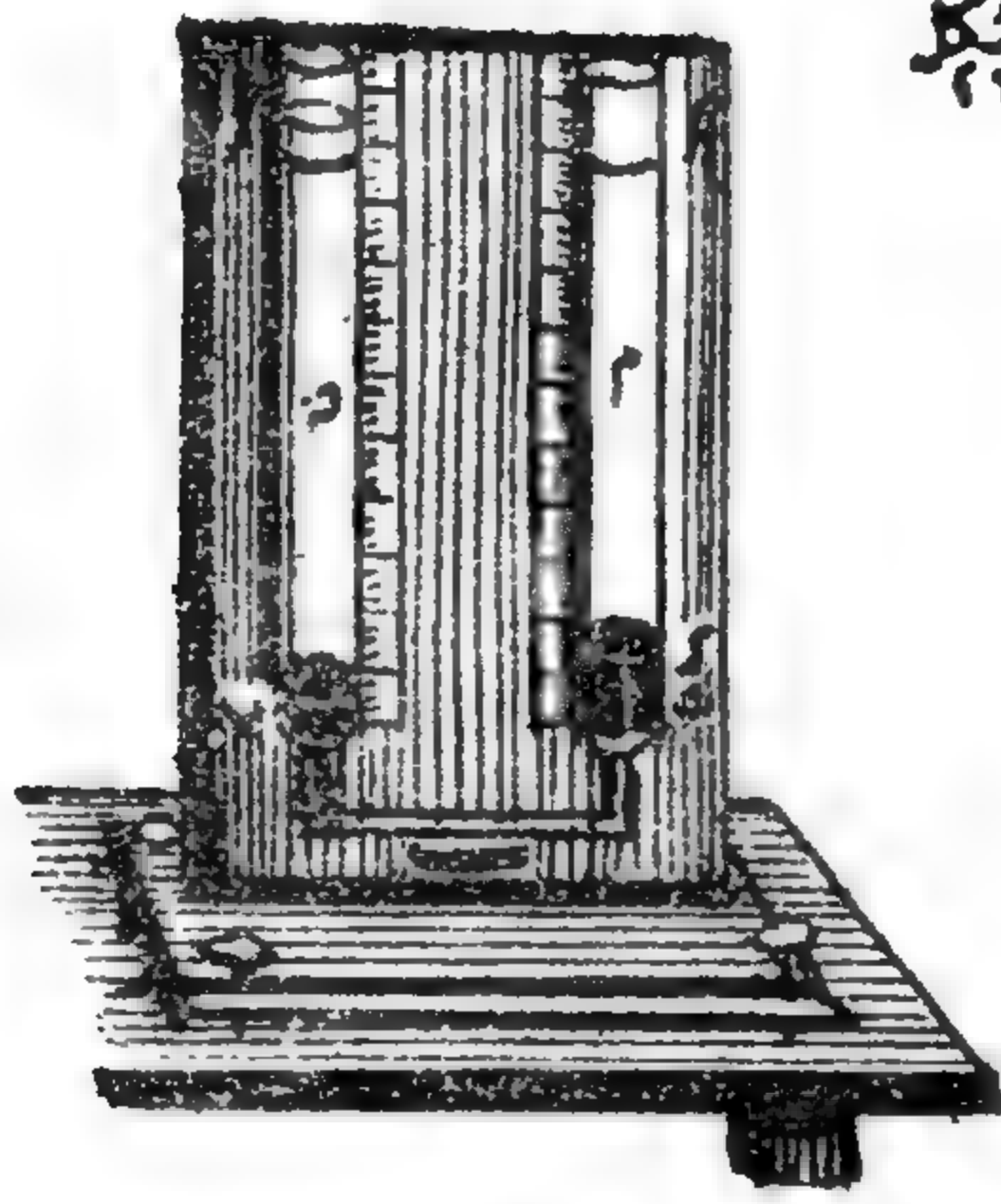
الماء والكحول وزيت النفط كما هو حقيقة ترتيب الكثافة المتناقصة لهذه السوائل ولاجل عدم مزج الماء بالكحول شبيح بكر بونات اليوتاسا الغير قابل للذوبان في الكحول

ويلزم نسبة انفصال السوائل في التجربة المذكورة لاختلاف كثافتها كما اذا غمرت الاجسام الصلبة في سائل اكدف منها فانها تعوم على سطحه وبهذا السبب يعلو الماء العذب على ماء البحر الملح في فم الانهر وتنفصل القشرة التي هي اقل كثافة من اللبن عنه شيئا فشيئا وتبعد على سطحه

* (المبحث الرابع في موازنة سائلين مختلفين في انائين مستطرقين ببعضهما) *

متى كان سائلان مختلفا الكثافة وليس لاحدهما تأثير كيميائي على الآخر فنحصرين في انائين مستطرقين ببعضهما ما ينبغي أن يضاف على شروط الموازنة السابق معرفتها أن ارتفاع عمودي السائلين الفاعلين للموازنة يلزم أن يكون على حسب عكس كثافة السائلين

ولا ثبات هذه القاعدة بالتجربة تؤخذ أنبوبتان من زجاج م ن منضمتان بأنبوبة صغيرة القطر ومثبتتان على لوح رأسي شكل ٢٦



شكل ٢٦

ويصب فيهما الزيت في ثم الماء في شعبة ا ب فيحدث عمود الماء ا ب في ب ضغطا على الزيت في ينخفض استواءه في شعبة ا ب ويرتفع في الشعبة الاخرى بـ د ا ر ث فاذا اتواهم بعد انتظام الموازنة في ب سطح أفقي ب ث وازن عمود الماء ا ب عمود الزيت د ث وبقياس ارتفاعي د ث و ا ب بواسطة المسطرتين الثابتتين الموازيين لأنبوبيتين يوجد أن

الاول أصغر من ا ب بثلاث عشرة مرة ونصف وحيث أنه سيُشاهد عن قريب أن كثافة الزيت ا ب أكثر من كثافة الماء بثلاث عشرة مرة ونصف تكون حينئذ الارتفاعات على حسب عكس الكثافة

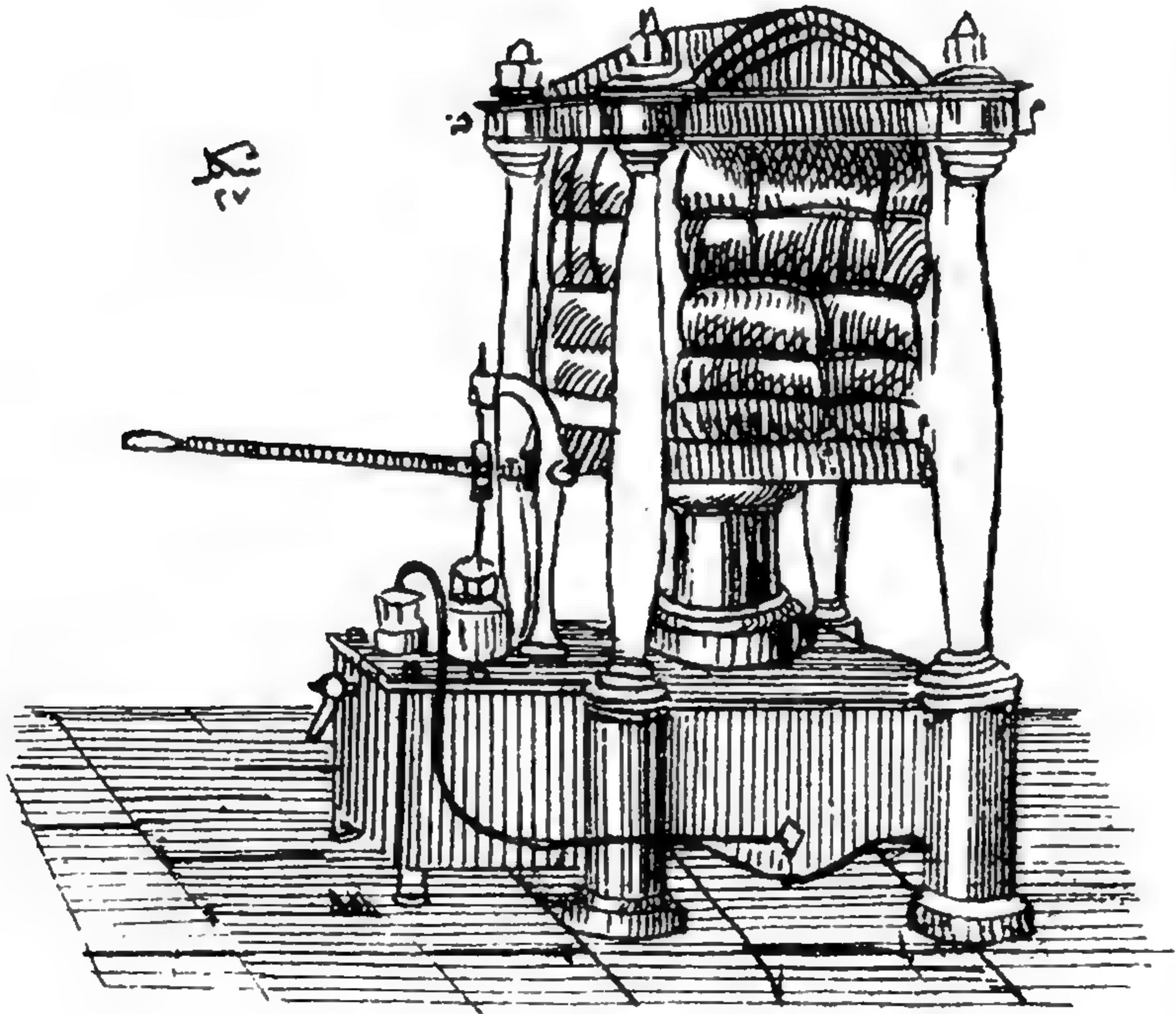
* (٤٦) *

ويمكن استعمال هذه القاعدة لتعيين كثافة السوائل وفي الواقع اذا فرض أن أحد الشغبتين المتقدمتين محتو على الماء والآخر على زيت وكان ارتفاع عمودى السائلين الفاعلين للموازنة ٨٣ سنتيمتر لزيت و ٣٥ للماء وحيث ان كثافة الماء مأخوذة وحيدة وعبرنا بحرف س عن كثافة الزيت يتحصل $٣٨ \times س = ٣٥ \times ١$ وينتج من ذلك $س = \frac{٣٥}{٣٨} = ٠.٩٢١$

* (الفصل الرابع في استعمال قواعد الايدوروستاتيك وفيه مباحث) *

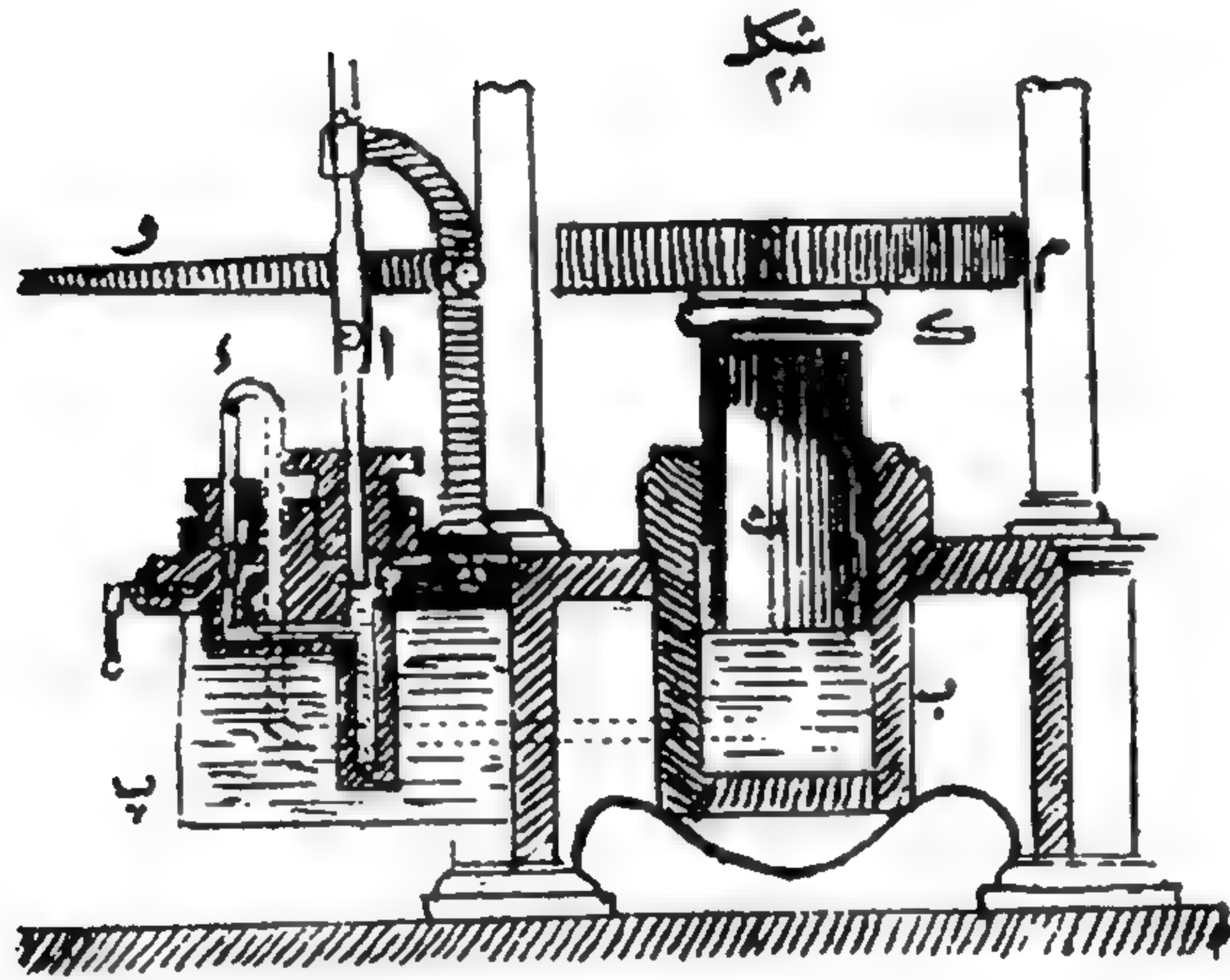
* (المبحث الاول في المعصرة الايدوروليكية) *

قاعدة موازنة الضغط المتقدمة لها استعمال مهم في المعصرة الايدوروليكية المنسوب أصل اختراعها الى بسكال لكن أول من ركبها بلندرة سنة ١٧٩٦ هو المعلم براماه وهذا الجهاز الذي بواسطة يمكن احداث ضغط شديد جميعه من الزهر وشكل ٢٧ يوريه بتمامه



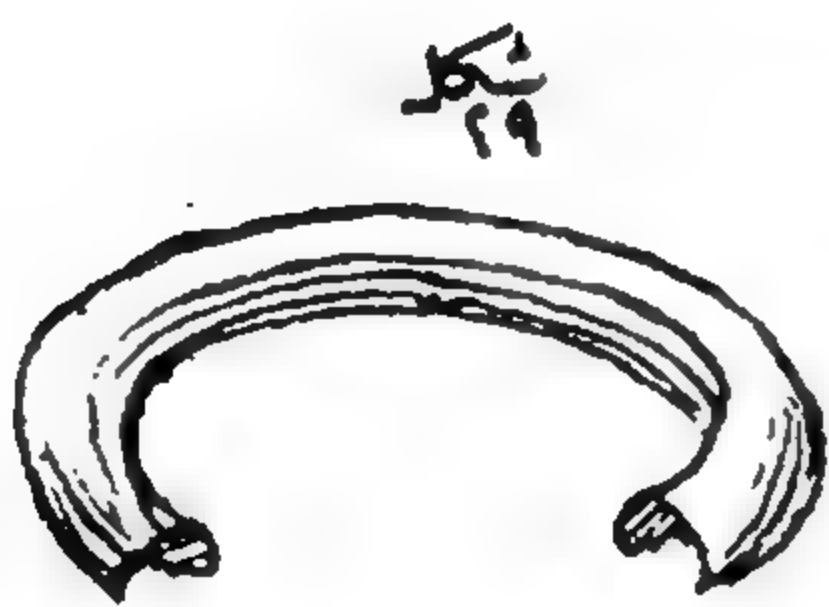
* (٤٧) *

وشكل ٢٨ يوريه مقطوعا رأسيا



ففي جسم طلونية ب العظيم القطر المتين الجدران تصعد وتنزل اسطوانة ث باحتكاك لطيف متممة لوظيفة مكبس ومثبت عليها صينية ك تنزل وتصعد معها بين الاربعة عمد الحاملة للصينية م ن الثابتة وبين هاتين الصينيتين توضع الاشياء التي يقصد عصرها أو ضغطها

أما صعود مكبس ث شكل ٢٨ فيحصل بواسطة طلونية ا التي تجذب الماء من حوض ب وتدفعه في اسطوانة ب بتحريك مكبسها ا بواسطة رافعة وقتي ارتفع المكبس أنفتح الصمام ودخل الماء في جسم طلونية ا ثم ينزوله ثانياً يغلق هذا الصمام ويرتفع في الحال الصمام الثاني م الذي كان مغلقاً مدة صعود المكبس بضغط الماء الواقع عليه من أسفل إلى أعلى ويندفع الماء بواسطة أنبوبة د إلى جسم طلونية ب وحينئذ يكتسب ضغطاً كثيراً كلما كان سطح مكبس ث أكثر عظماً بالنسبة لسطح مكبس ا وفي الجهاز قطعة يجب توضيحها وهي جالدة تخينة متشربة لزيت لا ينفذ منها الماء تستعمل لغلق جسم طلونية ب غلقاً محكماً وهذه الجالدة المتخينة كما في شكل ٢٩



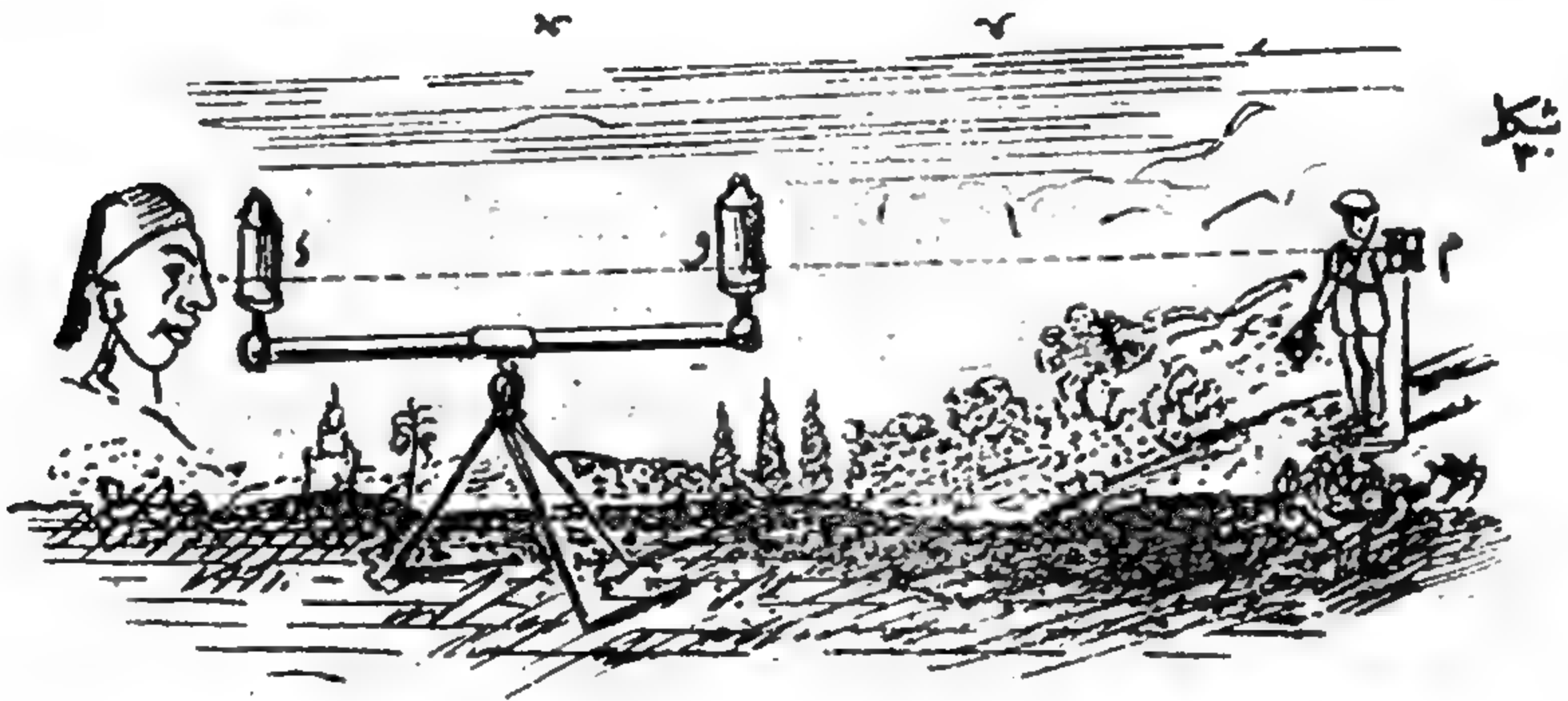
توضع مستديرة في قناة مصنوعة في أعلى جدار جسم الطلونية فلما زاد ضغط الماء في الطلونية زاد التصاق الجالدة بقوة من جهة على جدار جسم الطلونية ومن الجهة الأخرى على مكبس ث بحيث تمنع سيلان الماء

والضغط الذي يمكن حصوله بواسطة المعصرة الايدروليكية يتعلق بنسبة سطح مكبس ث الى سطح مكبس ا فاذا كان السطح الاول اكبر من السطح الثاني ٥٠ أو ١٠٠ مرة صار الضغط الحاصل من أسفل الى أعلى بالمكبس الكبير أعظم من الضغط الحاصل بالمكبس الصغير ٥٠ أو ١٠٠ مرة وزيادة على ذلك فانه يزداد بواسطة رافعة ومثال ذلك اذا كان ذراع القوة من الرافعة قدر ذراع المقاومة خمس مرات فانه يستفاد خمس مرات من القوة كما هو موضح في مبحث الروافع في علم الميكانيك واذا أثر على الرافعة بحيث ذراع القوة ٣ كيلوجرام كانت القوة المنتقلة بمكبس ا ١٥٠ كيلوجرام وكانت القوة التي ينقلها مكبس ث اذا فرض أن سطحه يساوي سطح المكبس الصغير ١٠٠ مرة ١٥٠٠ كيلوجرام ومن الملاحظ أنه كلما صار قطر مكبس ث عظيمًا بالنسبة لقطر مكبس ا صارت سرعة جريان الاول بطيئة بالنسبة لجريان الثاني أعني أن ما يكتسبه من القوة يفقده من السرعة

والمعصرة الايدروليكية مستعملة في جميع الاشغال التي تحتاج لضغط عظيم وتستعمل لمكبس الجوخ ولاستخراج عصارة البنجر وزيت البزور والزيتية وتستعمل أيضا للتجربة المدافع وقذائف البخار والسلاسل المعدة للبحارة

* (المبحث الثاني في آلة التسوية بالماء أي ميزان التسوية المائي) *

التسوية بالماء هي استعمال شروط الموازنة في الاواني المستطرفة ببعضها كما تقدم في موازنة سائل واحد في جلة أو ان مستطرفة ببعضها وتتركب آلة التسوية من أنبوبة من التنيك أو النحاس الأصفر معوجة الطرفين وموفق على طرفيها أنبوبة ان من الزجاج د وشكل ٣٠



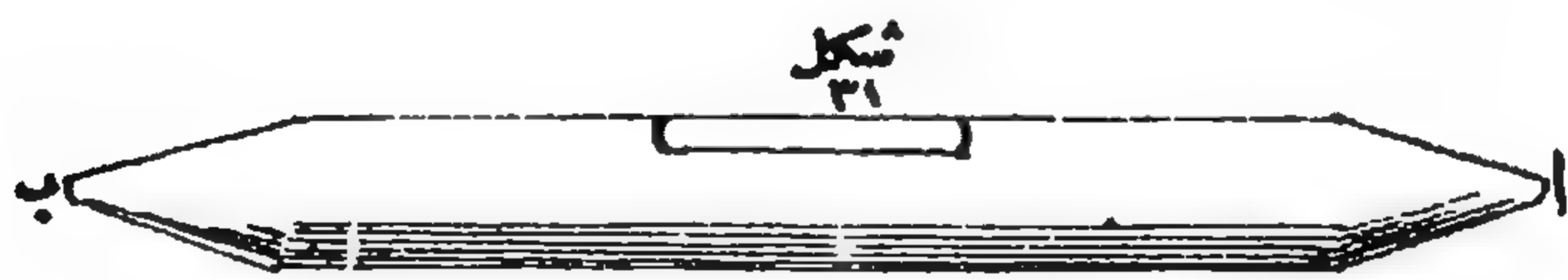
* (٤٩) *

ولاجل استعمال هذه الآلة تنظم أفقياً على قائمة ذات ثلاث شعب ويصب فيها من الماء الى أن يرتفع السائل في أنبوبي الزجاج ومتى حصلت الموازنة كان استواء الماء في الأنبوبين واحداً وكان سطحه في د وفي وفي مستوواً واحداً أفقياً وهذه الآلة تستعمل لاختزال استواءات أعني لتعيين مقدار ارتفاع أى نقطة عن نقطة أخرى مثال ذلك اذا أريد معرفة مقدار انخفاض نقطة ب مثلاً من الأرض عن نقطة أخرى ا يوضع في هذه النقطة الاخيرة نشان أى القائمة مترو وهو مسطرة من خشب مكونة من ساقين ذوى مجرى برفع ويخفض أحدهما فيه ومنتهية بصفيحة من التلك ثم تسمى المرئ وتحمّل في وسطها علامة فتوضع القائمة متر رأسياً في نقطة ا يوجه المشاهد الكائن بجوار الآلة بواسطة سطحى د و شعاها بصرياً نحو القائمة مترو ويشير الى المساعد الماسك له بتطويله أو تقصيره الى أن توجد العلامة على استقامة خط د و حيثئذ يقاس ارتفاع ا م و يطرح من ارتفاع الاستواء الاعلى من الأرض فيعرف مقدار ارتفاع نقطة ب عن نقطة ا

والاستواء المعين بهذه الطريقة هو الاستواء الظاهري أعني الاستواء الذى يناسب النقط المنحصرة في سطح مماس لسطح الكرة المفروض متوازي الكروية وأما الاستواء الحقيقي فهو الاستواء الذى ينسب للنقطة التى بعدد ها عن مركز الأرض متساو ولا يمكن اعتبار الاستواء الظاهري استواء حقيقياً الا لابل بعدد الضعيفة

* (المبحث الثالث في آلة التسوية أى ميزان التسوية ذى الكرة الهوائية) *

آلة التسوية ذات الكرة الهوائية أكثر حساساً وضبطاً من آلة التسوية بالماء وتتكون من أنبوبة من زجاج ا ب شكل ٣١



ذات اعوجاج خفيف جداً تملأ بالماء وتحفظ فيها فقط كرة صغيرة من الهواء تميل دائماً لأن تشغل الجزء الأكثر ارتفاعاً وبعدد ست طرفي هذه الأنبوبة على المصباح توضع في بيت أى غلاف من نحاس ت يحفظها مفتوح من أعلى كما في شكل ٣٢

* (••) *



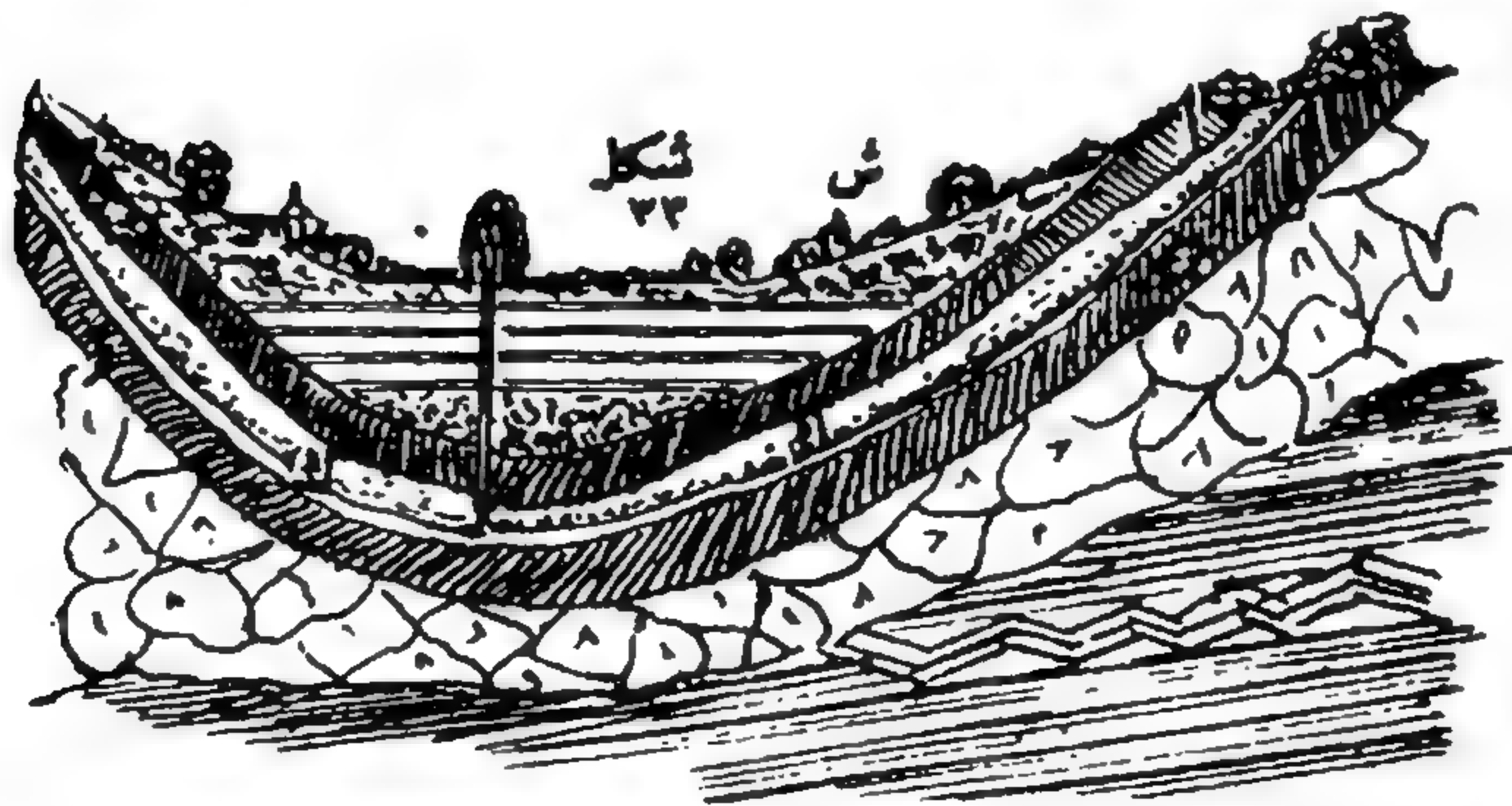
وهذا الغلاف يثبت على قطعة من النحاس سطحية بركب عليها مع الاعتناء بحيث متى وضع على سطح مستوي مثلاً وقفت الكرة الهوائية م بالضبط بين نقطتي العلامة المبتدئين على الغلاف

ولاجل أخذ الاستواءات بهذا الجهاز يثبت على نظارة تستعمل لتعيين الاتجاه الأفقي

(المبحث الرابع في جريان الماء والآبار النافورية)

البحار والينابيع والأنهر كالآواني المستطرقة ببعضها تمل المياه فيها على الدوام إلى أخذ الاستواء الحقيقي وكذلك الآبار الارتيزية أي النافورية وسميت بالارتيزية لأنها أول ما فعلت في إقليم الارتوازا القديم بفرانسا

وفي هذا الزمن الأخير حفر آبار من هذا الجنس في الصين وفي مصر وهذه الآبار حفر ضيقة جداً تفعل بالمجس المعروف بالبرمة وهي مختلفة العمق ومياهها على العموم منبثة ولاجل معرفة نظريتها نلاحظ أن الأراضي المكونة لطبقة الكرة بعضها تسرى فيه المياه كالأراضي الرملية والحصوية وبعضها لا تسرى فيه المياه كالأراضي الطفلية إذا تقرر ذلك فلتكن قطعة أرض ش كثيرة الاتساع أو قليلة ممتدة تحتها طبقتا
ا ب ث د مانعتين لسريان الماء فيهما كما في شكل ٣٣



ومنحصرا

وَمِنْ حَصَرَايْنِهَا طَبَقَةٌ كَلَا تَسْمَعُ لَسِرْيَانِ الْمَاءِ فِيهَا وَهَذِهِ الطَّبَقَةُ مُتَصِلَةٌ مَعَ الْأَرْضِ
الْكَثِيرَةِ الارتفاعِ الْمُتَشْرِبَةِ لِمَاءِ الْمَطَرِ فَعَلَى حَسَبِ الْمِيلِ الطَّبَقَةُ لِلْأَرْضِ مِنْ وَسْطِ الطَّبَقَةِ
الَّتِي تَسْمَعُ لَسِرْيَانِ الْمَاءِ فِيهَا يَصِيرُ الْمَاءُ أَسْفَلَ الْأَرْضِ الَّتِي فَرْضْنَا عَدَمَ اتِّصَالِهَا بِهِ لِانْفِصَالِهَا
بِالطَّبَقَةِ أَيْ الَّتِي لَا تَسْمَعُ لَسِرْيَانِ الْمَاءِ فِيهَا لَكِنْ إِذَا فَعَلْنَا فِي جِزْءٍ مِنَ الْأَرْضِ الْمَذْكُورَةِ
حَفْرَةً تَتَّقِبُ هَذِهِ الطَّبَقَةَ أَرْفَعُ الْمَاءَ الَّذِي يَمِيلُ دَائِمًا إِلَى أَخْذِ اسْتَوَاءٍ وَاحِدٍ فِي هَذِهِ
الْحَفْرَةِ إِلَى أَرْفَاعٍ يَكُونُ أَكْثَرُ أَرْفَاعِ الْأَرْضِ أَكْثَرُ أَرْفَاعِهَا
وَالْمَاءُ الَّذِي يَمِيلُ إِلَى أَرْفَاعٍ بَارِئًا نَافُورِيَّةً يَأْتِي فِي الْغَالِبِ مِنْ مَسَافَةِ ٣٠ إِلَى ٤٠ مَلَقَةً وَأَمَّا
عَمَقُهَا فَيَخْتَلِفُ عَلَى حَسَبِ الْمَحَلَّاتِ فَالْبِئْرُ النَافُورِيَّةُ الَّتِي حَفَرَهَا جِرُونِيلُ بِالْقُرْبِ مِنْ
بَارِسَ عَمَقُهَا ٥٤٨ مِثْرًا وَحَرَارَةُ الْمَاءِ الصَّاعِدِ مِنْهَا فِي جَمِيعِ الْفُصُولِ ٢٧ دَرَجَةً
وَالْبِئْرُ النَافُورِيَّةُ الْكَائِنَةُ فِي بَاسِ الْمُنْتَهَى حَفَرَهَا فِي سَنَةِ ١٨٦١ عَمَقُهَا ٥٨٧ مِثْرًا
وَنَصْفًا وَدَرَجَةُ حَرَارَةِ مَائِهَا ٢٨

(الفصل الخامس في الاجسام المغمورة في السوائل وفيه مباحث)*

(المبحث الاول في الضغط المتحملة الجسم المغمور في سائل)*

مَتَى نَخْرِجُ جِسْمَ صَلَبٍ فِي سَائِلٍ تَحْمِلُ سَطْحَهُ فِي كُلِّ نَقْطَةٍ مِنْهُ ضَغُوطًا يَكُونُ كُلُّ مِنْهَا عَمُودِيًّا
عَلَيْهَا وَتَزْدَادُ هَذِهِ الضَّغُوطُ مَعَ زَيْدِ الْإِدَاةِ الْعَمَقِ فَإِذَا تَصَوَّرْنَا تَحْلِيلَ جَمِيعِ هَذِهِ الضَّغُوطِ إِلَى
ضَغُوطٍ أَفْقِيَّةٍ وَعَمُودِيَّةٍ كَانَتِ الضَّغُوطُ الْأُولَى لِكُلِّ طَبَقَةٍ أَفْقِيَّةٍ مُتَسَاوِيَةٍ وَمُتَضَادَّةٍ
اِثْنَيْنِ اِثْنَيْنِ وَتَحْصُلُ حِينَئِذٍ الْمَوَازَنَةُ وَأَمَّا الضَّغُوطُ الرَّأْسِيَّةُ فَيَسْهُلُ مَشَاهِدَةُ أَنَّهَا غَيْرُ
مُتَسَاوِيَةٍ وَأَنَّهَا تَمِيلُ إِلَى تَحْرِيكِ الْجِسْمِ الْمَغْمُورِ مِنْ أَسْفَلَ إِلَى أَعْلَى وَلَيْكِنْ مَكْنَسٌ مَغْمُورًا -
فِي وَسْطِ كِتْلَةِ مَاءٍ شَكْلُ ٣٤



ونفرض لزيادة التوضيح أن جدران المجانية منتظمة رأسياً فهذه الجدران تتحمل ضغوطاً متساوية حيث أن أسطحها واحدة وكثنته في عمق واحد كما تقدم في الضغط على الجدران المجانية

فن الواضح أن الضغوط في كل سطحين متضادين تكون ذات اتجاه متضاد وتحدث حينئذ الموازنة

وإذا تأملنا الآن للضغوط الواقعة على الأسطح الأفقية أ ب ن شاهد أن السطح الأول مضغوط من أعلى إلى أسفل بثقل عمود من الماء قاعدته نفس السطح وارتفاعه أ د وكذلك السطح السفلي يبدون مدفوعاً من أسفل إلى أعلى بثقل عمود من الماء قاعدته هذا السطح وارتفاعه ب د كما تقدم في الضغط من أسفل إلى أعلى ويميل المكعب حينئذ إلى الصعود بالفرق بين هذين الضغطين المساوي لثقل عمود من الماء قاعدته وارتفاعه عين قاعدة وارتفاع المكعب وعلى ذلك فهذا الضغط يساوي لنفس ثقل حجم الماء الذي حل محله الجسم المغمور

ويمكن أن يعرف أيضاً من البرهان الآتي أن كل جسم غمر في سائل يتحمل من أسفل إلى أعلى ضغطاً يساوي لثقل السائل الذي حل محله وفي الواقع إذا اعتبرنا في كتلة سائل في حالة الموازنة جزءاً من هذا السائل ذا شكل ما كروي أو بيضاوي أو غير منتظم وفرضناه متجمداً بدون زيادة ولا نقص في أبعاده ولا في حجمه فن الواضح أن هذا الجزء المتجمد يتحمل من كتلة السائل نفس الضغوط التي كان يتحملها من قبل وأنه بناءً على ذلك يصير أيضاً في حالة الموازنة وهذا لا يمكن حصوله إلا لكونه متحملاً من أسفل إلى أعلى دفعاً مساوياً لثقله وحينئذ إذا غمر محل الجزء المتجمد جسم مخالف له في الكثافة لكن حجمه وشكله كحجمه وشكله بالضبط تتحمل هذا الجسم بالضرورة نفس الضغوط التي كان متحملاً السائل المتجمد وبصيرته عرضاً مثله لدفع مساوٍ لثقل السائل الذي حل محله

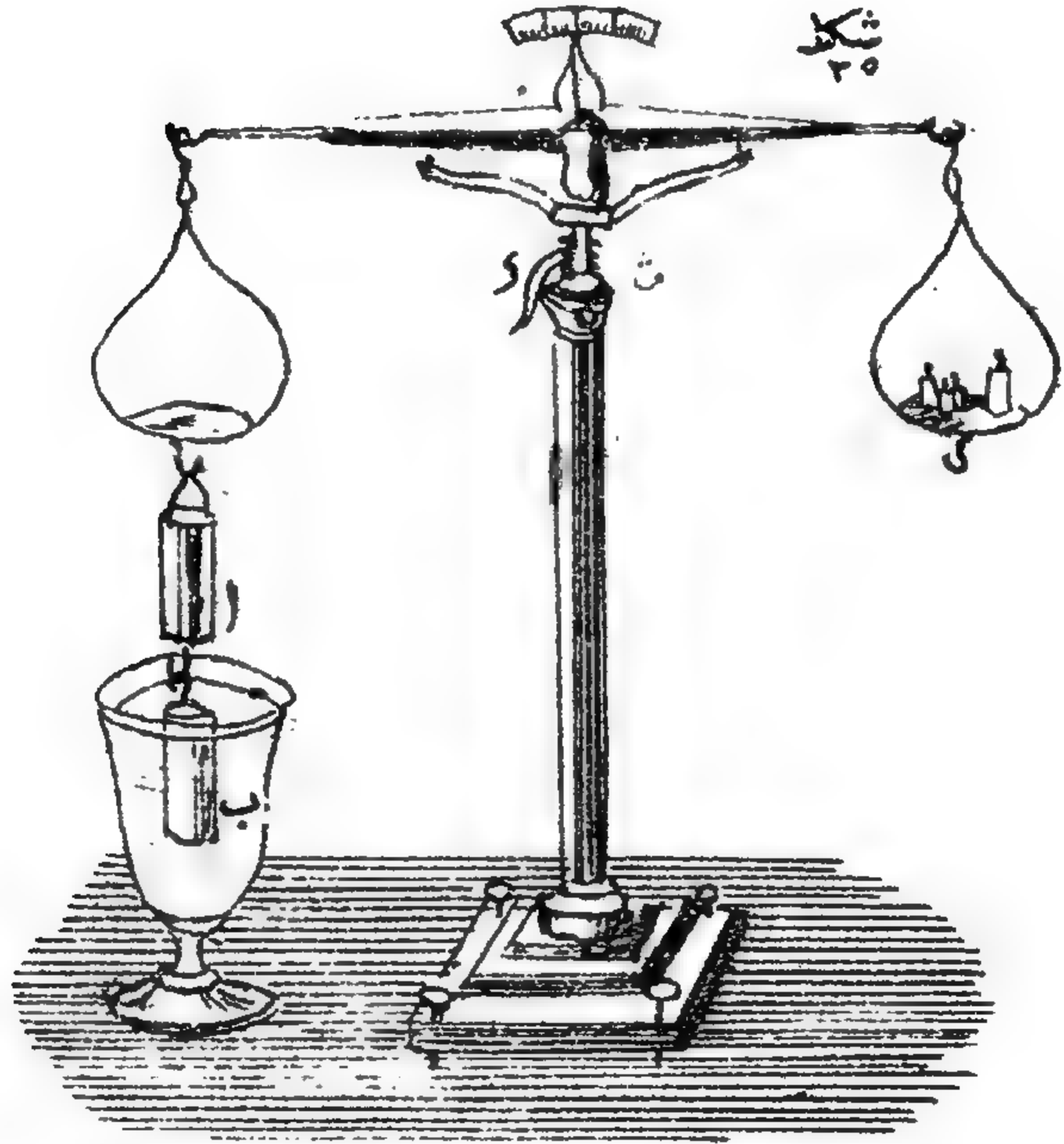
وبما كان شكل الجسم المغمور في سائل فان جميع الضغوط الحاصلة على أسطحه من هذا السائل ترجع إلى قوة واحدة التي هي ناتج الضغوط ونقطة تعليق هذا الناتج تكون مركز ضغط السائل

* (٥٣) *

* (المبحث الثاني في قاعدة أرشميدس) *

بمقتضى ما تقدم فكل جسم غمر في سائل يكون معرضاً لتأثير قوتين متضادتين قوة
التساقل التي تميل لخفضه وقوة دفع السائل التي تميل لرفعه بقوة مساوية لنفس ثقل
السائل الذي أزاعه الجسم وينعدم حينئذ ثقل الجسم كله أو بعضه بقوة الدفع هذه
وينتج من ذلك أن الجسم المغمور في سائل يفقد جزاً من ثقله مساوياً لثقل السائل الذي
حل محله

وهذه القاعدة المستعملة أساساً للنظرية الأجسام الغاطسة والطائفة تعرف بقاعدة
أرشميدس وتحقق هذه القاعدة بالتجربة بواسطة الميزان الأيدير وستاتيكي الذي هو
ميزان معتاد كل من كفتيه موشحة بكلا ب ويمكن رفع قبـه وخفضه على حسب الإرادة
بواسطة شريط من حديد عشي بزر صغير ث كافي شكل ٣٥



وقطعة د تمسك الشريط متى ارتفع
وكيفية ذلك أن يرفع القب ويلقى في الكلاب أسفل إحدى الكفتين اسطوانة مجوفة
١ من نحاس ويلقى تحت هذه الاسطوانة اسطوانة ثانية مصمتة ب يكون حجمها
بالضبط عين حجم سعة الاسطوانة الاولى ثم توضع وزنات في الكفة الثانية الى أن تحصل
الموازنة فاذا ملئت حينئذ اسطوانة ١ بالماء اختلت الموازنة لكن اذا خفض القب
حالا بحيث تنغمر اسطوانة ب بتمامها في ماء الاناء الموضوع تحته يشاهد حصول
الموازنة وتفقداً لاسطوانة ب حينئذ يغطسها جزاً من ثقلها يساوي لثقل الماء المنصب
في اسطوانة ١ وحينئذ فقد تحققت قاعدة أرشميدس حيث أن سعة هذه الاسطوانة
الاخيرة مساوية لحجم اسطوانة ب

* (المبحث الثالث في تعيين حجم الجسم) *

بتعيين بالضبط حجم الجسم الغير منتظم الشكل بواسطة قاعدة أرشميدس متى كان
لا يذوب في الماء ولا جل ذلك يعطى بخيط رفيع في الميزان الايدروستاتيكي ويوزن أولاً
في الهواء ثم في الماء المقطر الذي في درجة ٤ + فالفقد من الوزن الذي يتحقق
حينئذ هو ثقل الماء الذي حل محله الجسم ومن ثقل هذا الماء يستنتج حجمه وبالتبعية
حجم الجسم المغمور المساوي لحجم الماء وايكن الفقد من الثقل مثلاً ١٥٥ جراماً فهذا
يدل على أن الماء الذي حل محله الجسم يزن ١٥٥ جراماً ومن المعلوم أن ثقل الجرام
واحد ستمتر مكعباً من الماء المقطر درجة ٤ + وحينئذ يكون حجم الماء المنزوى
وحجم الجسم المغمور ١٥٥ ستمتر مكعباً

واذا لم يكن الماء في درجة ٤ + يفعل فيه التعديل الآتي في تمدد الحرارة

* (المبحث الرابع في موازنة الاجسام الغاطسة والطافية والمبتاسنتر) *

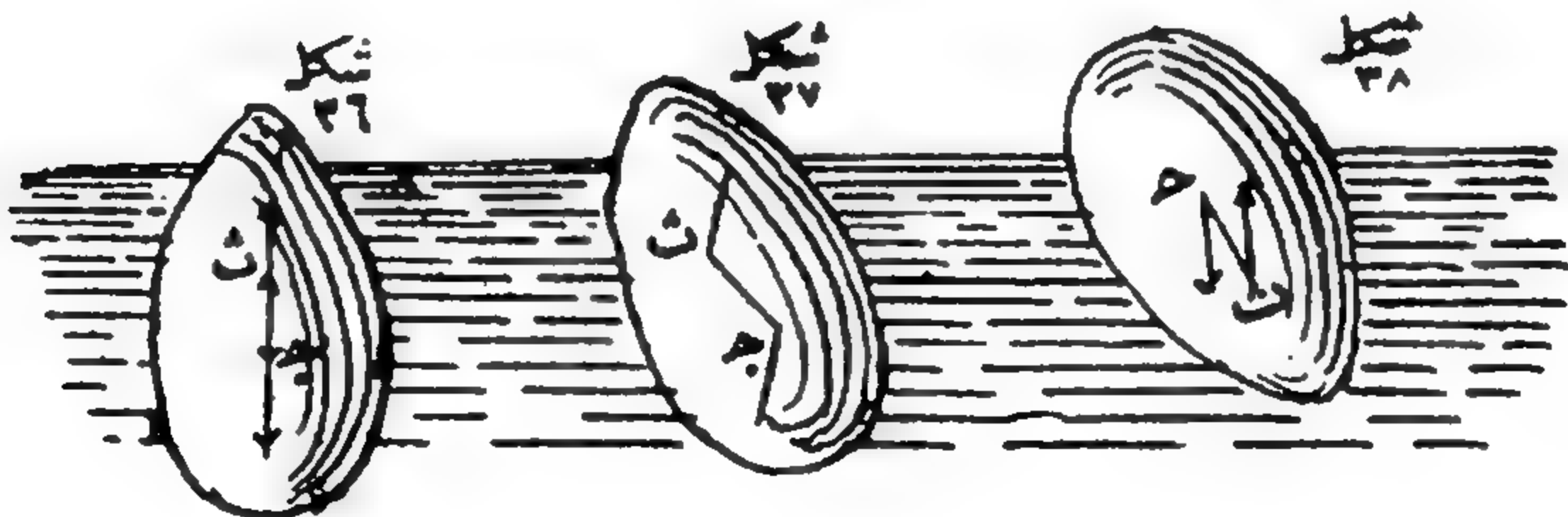
بمقتضى الاعتبارات النظرية التي أوصلتنا للقاعدة أرشميدس اذا غمر جسم في سائل
مماثل له في الكثافة كانت القوة الدافعة التي تميل لرفعه مساوية بالضبط لثقله ويبقى
الجسم حينئذ معلقاً في وسط السائل
واذا كان الجسم اكثر كثافة من السائل سقط فيه لان ثقله يزيد على القوة الدافعة من
أسفل الى أعلى

وان كان الجسم المغمور أقل كثافة من السائل تسلطن دفع السائل وأخذ الجسم حينئذ حركة صعود وارتفع خارج السائل الى أن لا يزيغ منه الا حجم ثقله يساوى لثقل الجسم ويقال حينئذ طفا فالشمع والخشب وجميع الاجسام الانحف من الماء تعوم على سطحه

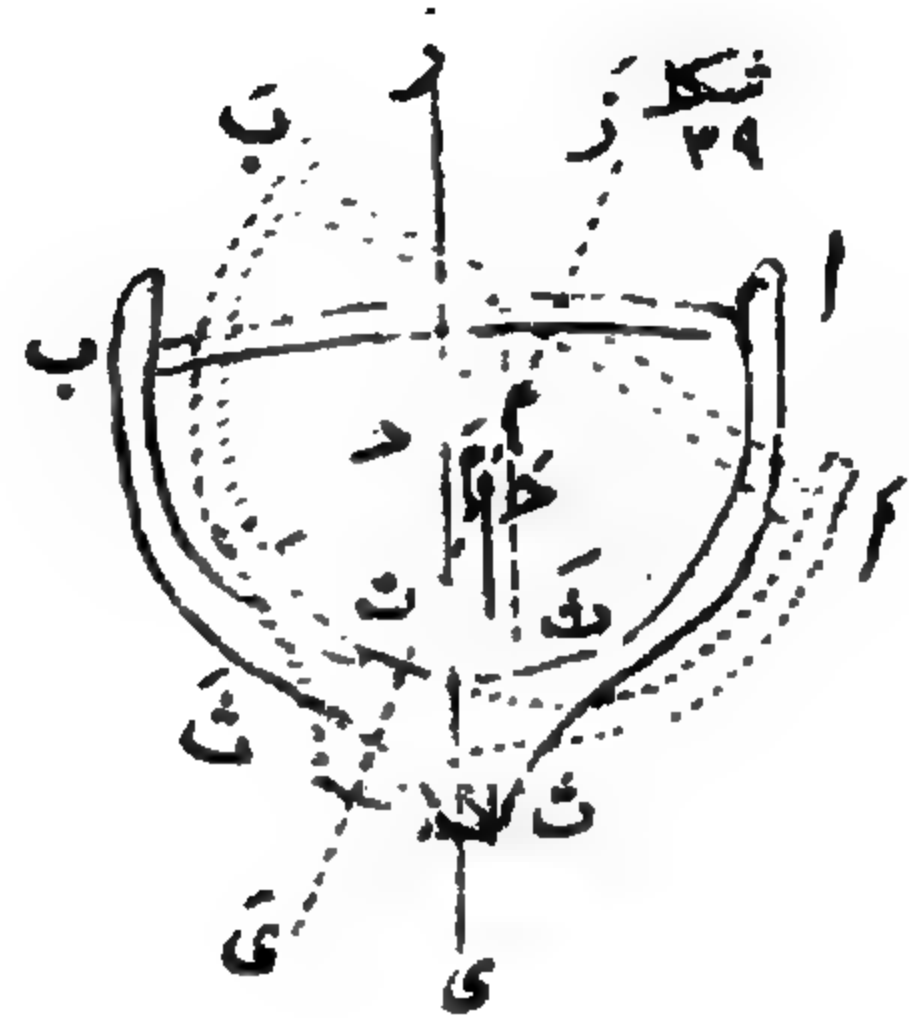
ولاجل أن تأخذ الاجسام الغاطسة أو الطافية حالة الموازنة التامة يلزم شرطان الاول يلزم أن يزيغ الجسم ثقلا من السائل مساويا لثقله ان كان طافئا الثاني يلزم أن يكون مركز ثقل الجسم ومركز ضغط السائل المنزوي على خط رأسي واحد

وفي الواقع اذا توفر هذان الشرطان كان كل من ثقل الجسم المؤثر في مركز ثقله وقوة الدفع من أسفل الى أعلى المؤثرة في مركز الضغط قوتين ليستامتا ويتبين فقط بل متضادتين وحينئذ فيجد ثمان الموازنة وسنشهد في أى حالة وجود ثبات هذه الموازنة أو عدم ثباتها

الحالة الاولى متى كان مركز الثقل أسفل مركز الضغط كما في شكل ٣٦ كانت الموازنة دائما ثابتة لان الجسم اذا ابعده قليلا عن وضعه في الموازنة كما في شكل ٣٧ مالت القوى المؤثرة في ث وفي ج الى ترجيعه لمكانه الثاني اذا كان مركز الثقل أعلى مركز الضغط فان الموازنة تميل الى أن تكون غير ثابتة لان الجسم حيث أنه تحوّل عن وضعه في الموازنة كما في شكل ٣٨



فالقوى المؤثرة في ج وفي ث تميل الى زيادة تبعيدها
ومع ذلك يمكن في هذه الحالة الحصول على الموازنة الثابتة وليكن ا ب ث مثلاً
شكل ٣٩



قطاع سفينة بمستويات بالخط الرأسى زى
الموضوع عليه مركز التناقل ج للسفينة
في زى ومركز الضغط ث للسائل المنزوى
فتى مالت السفينة في الوضع ا ب ث مال
خط زى ومركز التناقل الذى لا يتغير بالنسبة
للسفينة ينتقل من ج الى ج وفى حالة تغير
شكل السائل المنزوى يتغير مركز الضغط
بالنسبة للسفينة وبأخذ الوضع مثلاً ث
إذا تقرر ذلك فليوصل بنقطة ث خط
عمودى يقطع مستقيم زى في م النقطة

التي فيها يفرض تأثير دفع السائل فإذا كانت نقطة م موضوعة أعلى من نقطة ج فن
الواضح أن القوى المؤثرة في م وفي ج يرجعان السفينة الى وضعها الاول ا ب ث
ويتبع ذلك ثبات الموازنة وبالعكس إذا كانت نقطة م أسفل مركز التناقل في م
وفي ج السفينة وكانت الموازنة غير ثابتة ويعطى اسم ميتاسترنل نقطة م التي فيها يقطع
الخط العمودى ث م مستقيم زى ويميل حينئذ اختصار ما تقدم بأن يقال إن
الاجسام الطافية تكون في الموازنة الثابتة متى كان الميتاستر أعلى من مركز التناقل
الجسم الطافى وفي موازنة غير ثابتة متى كان الميتاستر أسفل

وتعين الميتاستر ومركز التناقل ذواهمية عظيمة في تنظيم السفينة وشحنها لان ثبات
الموازنة متعلق بوضعه

وبمقتضى قاعدة ارشميدس تعوم الاجسام بسهولة عظيمة على سطح السوائل كلما كانت
السوائل أكثر كثافة منها فتى وضعت بيضة مثلاً في الماء المعتاد غطست في قاعه لانها
ترن أكثر من قدر حجمها منه لكن متى غمرت في ماء مشبع بالملح غامت والقطعة من
خشب البسلوط تعوم على الماء لكنها تغطس في الزيت والكتلة من الحديد تعوم
في الزئبق وتغطس في الماء

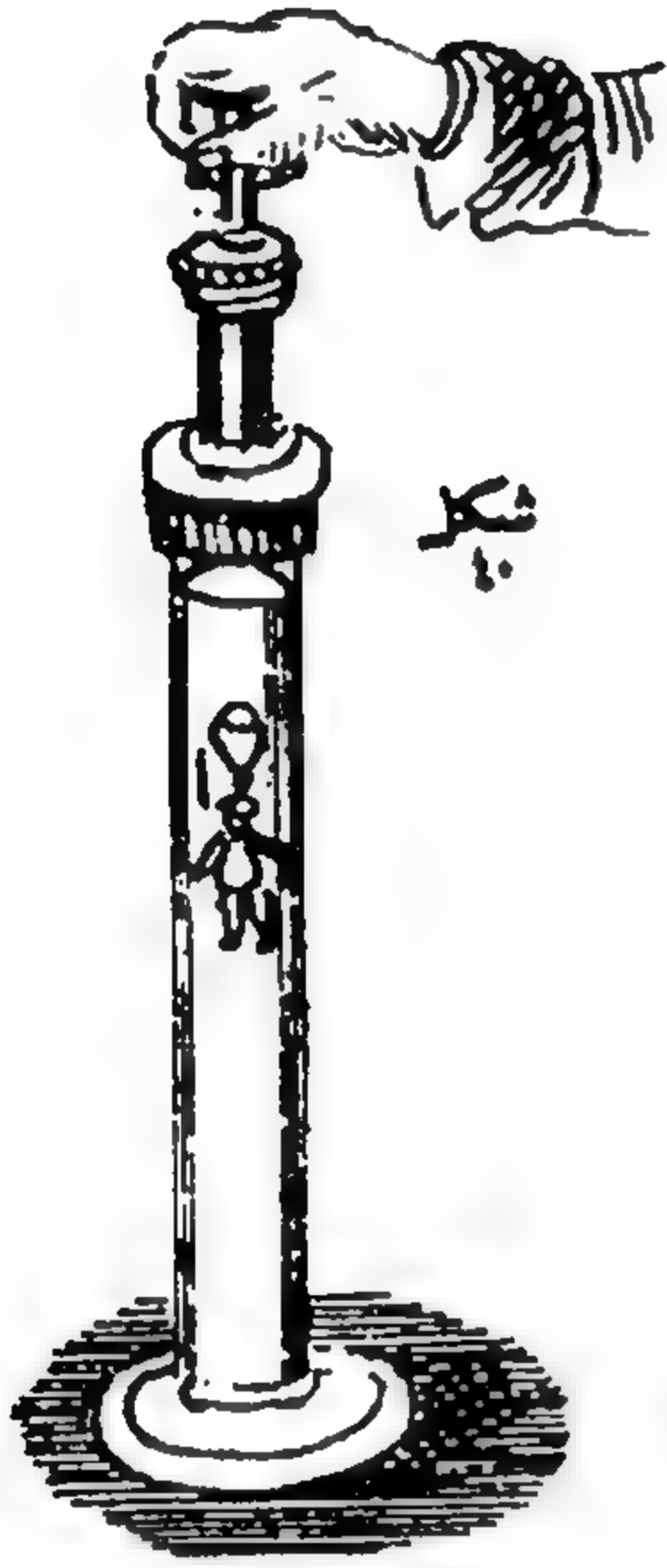
وأما

* (٥٧) *

وأما حجم الجزء الغاطس من الاجسام الطافية فيكون على حسب النسبة العكسية
لكثافة السائل وعلى حسب النسبة الطردية لكثافة الجسم الطافي

* (المبحث الخامس في اللعبة) *

الاحوال المختلفة لتعليق وغطس وعوم الاجسام في سائل تظهر بالجهاز الصغير المسمى
بالعبة وهو يتركب من مخبر زجاج ملائ بالماء تعلوه أنبوبة من نحاس فيها مكبس يرفع
ويخفض باليد كما في شكل ٤٠



وفي السائل صورة صغيرة من الميناء مسوكة بكرة من
الزجاج مجوفة محتوية على الهواء والماء طافية
على السطح وهذه الكرة مثقوبة من جزئها السفلي
بفتحة صغيرة منها يدخل ويخرج الماء في الكرة
على حسب كثرة وقلة انضغاط الهواء الذي داخلها
ومقدار الماء الذي يوضع ابتداء في الكرة يكون
كافيا بحيث لا يحتاج الجهاز لغطسه بالكليّة الا
لناثير ثقل قليل جدا فاذا فعل حينئذ ضغط
خفيف باليد على المكبس كما يظهره الشكل
انضغط الهواء الذي تحته وانتقل ضغطه الى ماء
الاناء والى الهواء الذي في الكرة وينشأ عن ذلك
دخول كمية من الماء في الكرة ويصير الجسم الطافي
أكثر ثقلا في غطس فاذا انقطع الضغط حينئذ تمدد
هواء الكرة وطار الماء الزائد الذي دخل فيها وصار
الجسم الغاطس أكثر خفة فيطفو ثانية

* (المبحث السادس في مثانة العوم أي عوامة السمك) *

من الاسماك أنواع كثيرة تحمل في البطن السفلي وتحت سلسلة الظهر حوصلة مملئة
بالهواء تسمى بالعوامة فالسمكة عند ضغطها أو تمددها لتلك الحوصلة بقوة العضلات
تغير حجمها وتحدث أفعالا مشابهة للأفعال التي شاهدناها في اللعبة أعني أن السمكة
تنخفض أو ترتفع في وسط الماء

* (٥٨) *

* (المبحث السابع في السباحة) *

الجسم الانساني هو على العموم أخف من حجم مساو له من الماء العذب ولذا يمكنه أن يعوم عادة على سطح الماء العذب ومن باب أولى على سطح الماء المالح الذي هو أكثر كثافة من الماء العذب

وامساك الجسم على سطح الماء يكون حينئذ أقل صعوبة من التمكن من امساك الرأس خارج الماء لاجل سهولة التنفس وحيث أن رأس الانسان أكثر ثقلاً بالنسبة للأعضاء السفلى فتميل الى الغطس وهذا هو الذي يجعل السباحة للانسان صناعة تجب ممارستها

وأما عند الحيوانات ذات الاربع فبعكس ذلك فالرأس التي تزن أقل من الجزء الخلفي للجسم يمكنها أن تمكث بدون تعب ولا قوة لامساكها خارج الماء وإضافة هذه الحيوانات تعوم خلقة

* (الفصل السادس في الوزن النوعي والاريومترى الجسم المستغرق فيه مباحث) *

* (المبحث الاول في تعيين الوزن النوعي) *

تقدم في الكلام على النقل أن الثقل النوعي لجسم سواء كان صلباً أو سائلاً هو نسبة وزن حجم من هذا الجسم لوزن حجم مساو له من الماء المقطر درجة ٤ + وعلى مقتضى هذا التعريف يكفي لاجل معرفة الوزن النوعي لجسم تعيين وزنه ووزن حجم مساو له من الماء المقطر درجة ٤ + ثم قسمة الوزن الاول على الثانى فالناتج المتحصل هو الوزن النوعي المبحوث عنه والمفروض أن وزن الماء المقطر ماخوذ وحدة

ويستعمل لتعيين الوزن النوعي للأجسام الصلبة والسائلة ثلاث طرق طريقة الميزان الأيدروستاتيكي وطريقة الاريومتر وطريقة الدورق وجميع هذه الثلاث طرق ترجع كما ذكرنا للمبحث أولاً عن وزن الجسم ثم وزن حجم مساو له من الماء كما سيأتى

* (المبحث الثانى في الوزن النوعي للأجسام الصلبة) *

الاولى طريقة الميزان الأيدروستاتيكي لاجل الحصول على الوزن النوعي لجسم غير قابل للذوبان في الماء بواسطة الميزان الأيدروستاتيكي شكل ٦٣

يوزن أولاً هذا الجسم في الهواء ثم يعلق في كلاب الميزان ويوزن في الماء فالفقد من الوزن الذى يتحقق حينئذ هو مقتضى قاعدة ارشميدس وزن حجم من الماء مساو لحجم الجسم

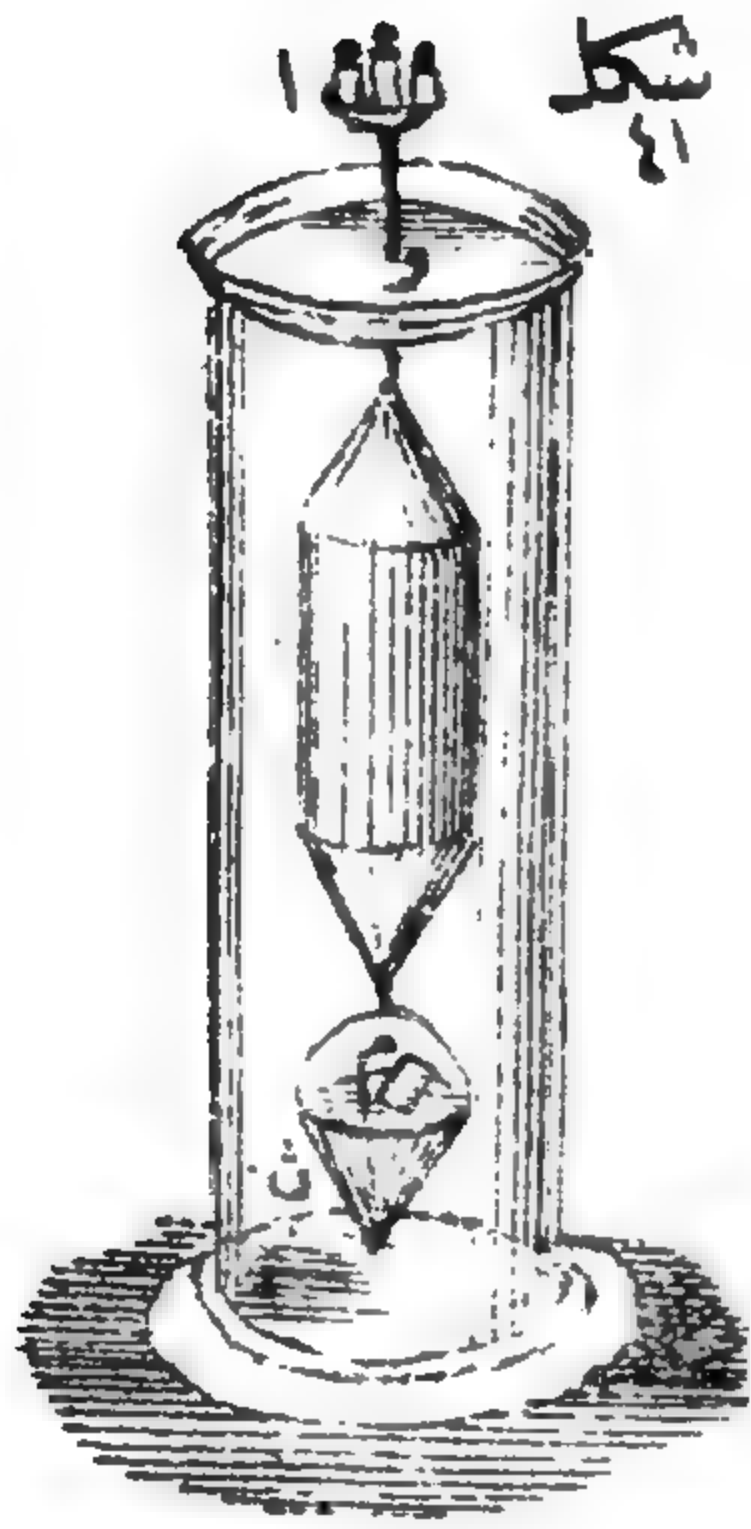
ولا

* (٥٩) *

ولا يبق حينئذ الا قسمة وزن الجسم في الهواء على مقدار الفقد من الوزن الذي حصل في الماء والناتج هو الوزن النوعي المبحوث عنه

فاذا كان P دالا على وزن الجسم في الهواء و P' وزنه في الماء و P'' وزنه النوعي يكون وزن الماء المتزوي حينئذ $P - P'$ وبصير $P - P''$

الثانية طريقة اريومترنيكولسن اريومترنيكولسن جهاز طافي يستعمل لتعيين الوزن النوعي للاجسام الصلبة ويتركب من اسطوانة مجوفة من التلك شكل ٤١



معلق فيها مخروط مـ لان بالرصاص فائدته انه يكون صابورة للجهاز بحيث يوجد مركز ثقله اسفل مركز الضغط وهذا شرط ضروري لثبات الموازنة كما تقدم في الكلام على موازنة الاجسام الغاطسة والطافئة وينتهي الجهاز من جزئه العلوي بساق وبكفة ١ وهذه الكفة معدة لقبول الوزنات والجسم الذي يبحث عن وزنه النوعي وبالجملة فيكون على الساق في علامة ظاهرة تسمى بنقطة التهفوف تستخدم لمعرفة غطس الجهاز بمقدار واحد

ولاجل التجربة بهذه الآلة يبحث أولا عن معرفة مقدار الوزنات التي يلزم وضعها في كفة ١ حتى يغطس الاريومتر في الماء الى نقطة التهفوف لانه في حالة الخلو عن الوزنات يرتفع جزء منه خارج الماء ولنفرض ان هذه الوزنات ١٢٥ جراما مثلا والمراد معرفة الوزن النوعي للكبريت فتؤخذ منه قطعة تزن اقل من ١٢٥ جراما وتوضع في كفة ١ ثم تضاف جرامات الى ان يغطس الاريومتر الى نقطة التهفوف ثانيا فاذا لزم اضافة ٥٥ جراما مثلا يكون من الواضح ان وزن الكبريت هو الفرق بين ١٢٥ و ٥٥ أعني ٧٠ جراما وحينئذ فقد تعين وزن الكبريت في الهواء ولم يبق الايجاد وزن حجم من الماء مساو

* (٦٠) *

لجمله ولاجل ذلك ينزع الاريموتر وتحمل قطعة الكبريت من كفة ١ الى الكفة السفلى ث في محل م كما يتضح من الشكل

قع عدم تغير الوزن الكلى للآلة يشاهد أنها باغطسها ثانيا في الماء لا تصل الى نقطة التهفوف وهذا ناشئ عن كون الكبريت فقد من وزنه حال غمره في الماء جزأ مساويا لوزن الماء الذي حل محله فاذا اضيفت وزنات في الكفة العليا الى أن يحصل التهفوف وكانت ٣٤,٤ جراما مثلا كان هذا العدد مينا لوزن حجم الماء المنزوى أعنى وزن حجم من الماء مساو لحجم الكبريت ولم يبق حينئذ الا خمسة ٧٠ جراما التي هي وزن الكبريت في الهواء على ٣٤,٤ جراما فينتج الوزن النوعي للكبريت وهو ٢,٠٣

فان كان الجسم المراد معرفة وزنه النوعي أخف من الماء طفا على السطح ولم يستقر على الكفة السفلى ث فلاجل منع صعوده واستقراره على كفة ث يوفق لهذه الكفة شبكة صغيرة من سلك حديد متحركة تمنع صعود الجسم ويبقى التجربة يفعل كما ذكرنا

الثالثة طريقة الدورق هذه الطريقة المنسوبة الى كلايروت مستعملة بالخصوص للأجسام المسحوقة وفيها يستعمل دورق زجاج صغير متسع الفم ذو سدادة من جنسه تسده سدا محكما وهذه السدادة مثقوبة بقناة ممتدة شعيرية تنتهى بانبوبة ذات قطر عظيم كما في شكل ٤٢

وعلى هذه القناة علامة ا ويعتنى في كل وزن بامتلاء الدورق بالماء امتلاء تاما لتحذف هذه العلامة ويحصل ذلك بتغطيس الدورق بالسكينة في الماء وسده زمن غطسه فيوجد الدورق والقناة ممتلئين بالسكينة ثم يرفع الماء الزائد لتحذف العلامة ا بواسطة قطعة مبرومة من الورق الغير منشى

وحينئذ بعد وزن المسحوق الذي يبعث عن وزنه النوعي يوضع في احدى كفتى الميزان ويجانبه الدورق الصغير الممتلى بالماء امتلاء تاما مغلقا ومسوحا ما عليه من الماء

مع



مع الاعتناء ثم يعادل بوضع حبات من الرصاص في الكفة الثانية ومتى فعل ذلك يرفع الدورق وتزال سدادته ويوضع فيه المسحوق ثم توضع السدادة ثانيا بالكمية السابقة وبوضع الدورق ثانيا في الكفة التي كان فيها أولا لا تحصل الموازنة لأن المسحوق طرد كمية من الماء فتضاف وزنات بجانب الدورق الى أن يأخذ الميزان وضعه الافقي فعدد الجرامات المضافة يبين وزن حجم من الماء مساو لحجم المسحوق ولم يبق حينئذ الا نفس الحساب المتقدم في الطريقتين السابقتين

وفي هذه التجربة يتم بطرد كمية الهواء القليلة المتخاللة بين أجزاء الجسم المسحوق التي تجعله يزيغ حجم من الماء أكثر من حجمه ولاجل ذلك يوضع الدورق بعد وضع المسحوق فيه تحت ناقوس الالة المفرغة ويفعل الفراغ فيصاعده الهواء بسبب قوة مروته وتتحصل نفس هذه النتيجة بغلي الماء الذي فيه المسحوق

(المبحث الثالث في الاجسام القابلة للذوبان في الماء)

اذا حصل في الثلاث طرق المتقدمة أن الجسم الذي يبحث عن وزنه النوعي يذوب في الماء فيؤخذ الوزن النوعي لهذا الجسم بالنسبة لسائل آخر لا يذوب فيه هذا الجسم كالكؤل مثلا ثم يبحث باحدى الطرق التي سنذكرها عن الوزن النوعي للكؤل بالنسبة للماء ويحصل الوزن النوعي للجسم المعلوم بضرب وزنه النوعي بالنسبة للكؤل في الوزن النوعي للكؤل بالنسبة للماء

وليكن P وزن حجم من الجسم و P' وزن حجم مثله من الكؤل و P'' وزن حجم مثله من الماء فيصير $\frac{P}{P''}$ الوزن النوعي للجسم بالنسبة للكؤل و $\frac{P'}{P''}$ الوزن النوعي للكؤل بالنسبة للماء

وبناء على ذلك فناتج هذين الكسرين بقطع النظر عن الكسر المشترك P يصير $\frac{P'}{P''}$ دالا على الوزن النوعي للجسم بالنسبة للماء

* (٦٢) *

* (الوزن النوعي الاجسام الصلبة في الصغر بالنسبة لوزن الماء المقطر درجة ٤ +
المأخوذ وحدة) *

٦, ٧١٢	انتيمون مسيح	٢٣	بلاطين مطروق على البارد
٣, ٥٣١	الماس الاكثر ثقلا	٢١, ١٦	بلاطين مسيح
٣, ٥٠١	الماس الاكثر خفة	١٩, ٣٦٢	ذهب مطروق
٢, ٨٣١	رخام	١٩, ٢٥٨	ذهب مسيح
٢, ٦٨	الومنيوم	١١, ٣٥٢	رصاص مسيح
٢, ٦٥٣	بلور صخري نقي	١٠, ٤٧٤	فضة مسيحة
٢, ٤٨٨	زجاج	٩, ٨٢٢	برموت مسيح
٢, ٣٨٥	صيني الصين	٨, ٨٧٨	نحاس أحر محال الى
٢, ١٤٦	صيني سيغر		خبط
٢, ٠٣٣	كبريت	٨, ٧٨٨	نحاس مسيح
١, ٩١٧	عاج	٨, ٣٩٣	نحاس أصفر
١, ٨٠٠	انتراسيت	٧, ٨١٦	صاب
١, ٣٢٩	فحم حجري مندمج	٧, ٧٨٨	حديد قضبان
١, ٠٧٨	كهربان	٧, ٢٠٧	حديد مسيح
٠, ٧٧٢	صوديوم	٧, ٢٩١	قصدير مسيح
٠, ٩٣٠	نيلج	٧, ٠٥٣	حديد زهر
٠, ٨٦٥	بوتاسيوم	٦, ٨٦١	خارصين مسيح

* (المبحث الرابع في الوزن النوعي للسائلات) *

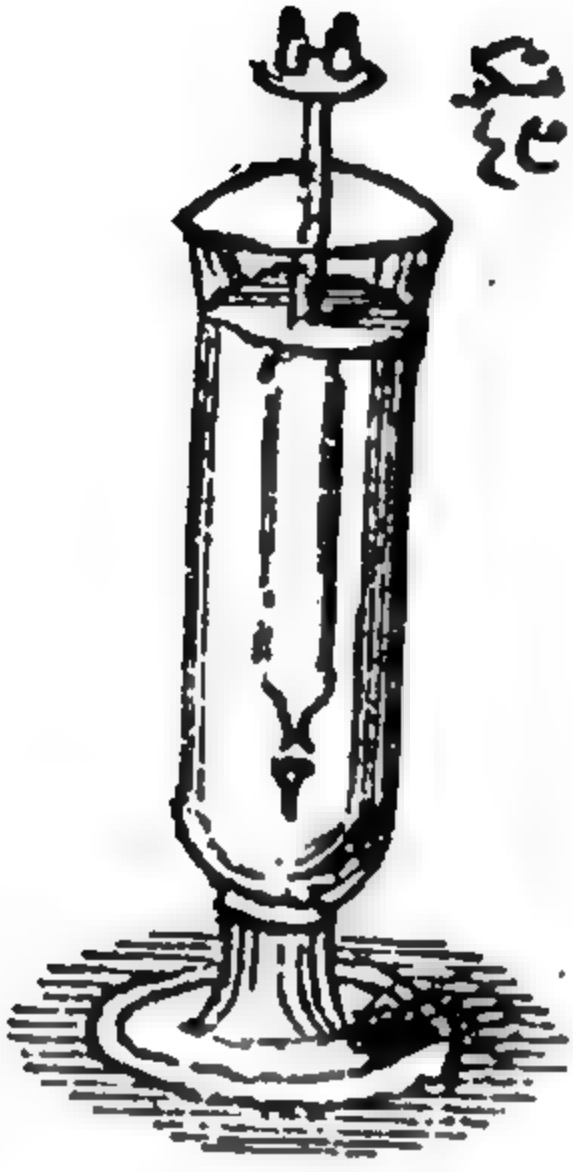
الاولى طريقة الميزان الايدروستاتيكي كيفية العمل بها أن يعاق في كلاب إحدى كفتي
الميزان جسم ليس للسائل المتصووم معرفة وزنه النوعي تأثير كيمائي عليه ككرة من
بلاطين مثلاً ثم توزن هذه الكرة على التوالي في الهواء ثم في الماء المقطر درجة ٤ +
ثم في السائل المعلوم وبعين فقد الوزن الذي حصل لهذه الكرة في الماء وفي السائل
الثاني فيحصل حينئذ عددان يدلان في حجم معين على وزن الماء ووزن السائل المعلوم
وبناء على ذلك فلا يكون الاقسمة الوزن الثاني على الوزن الاول

وايهكن

* (٦٣) *

وليكن P وزن كرة البلاتين في الهواء و P' وزنها في الماء و P'' وزنها في السائل الثاني و P''' الوزن النوعي لهذا السائل فوزن الماء المنزوي بكرة البلاتين يكون $P - P' = P'' - P'''$ ينتج من ذلك $P - P' = P'' - P'''$

الطريقة الثانية طريقة أريومتر فرانتزيت أريومتر فرانتزيت شكل ٤٣



طافئة معدة لأخذ الأوزان النوعية للسوائل وشكله مشابه لشكل أريومتر نيكولسن لكن ليس له كفة في جزئه السفلي ويكون من الزجاج لكي يمكن وضعه في جميع السوائل المختلفة وساقه يحمل أيضا نقطة تهفف معدة للحصول على حجم ثابت بغطسه في السوائل وبالجملة فهو مصير في جزئه السفلي بكرة صغيرة مملئة بالزئبق

وقبل التجربة بهذا الأريومتر يمين وزنه بالضبط ثم يوضع في مخبر مملئ بالماء وتضاف وزنات في كفته العليا إلى أن تصل نقطة تهففه لاستواء السائل وفي

هذه الحالة يقتضي الشرط الأول من موازنة الأجسام الطافئة أعني عندما يكون مركز الثقل أسفل مركز الضغط فمجموع وزن الأريومتر والوزنات المضافة في الكفة يبين وزن حجم من الماء مساو لوزن الجزء المغمور من الأريومتر وبهذه الكيفية يعين وزن حجم مساو له من السائل المقصود معرفة وزنه النوعي ولم يبق إلا قسمة الوزن الأخير على الوزن الأول

وأريومتر فرانتزيت وأريومتر نيكولسن لا يعطيان نفس التدقيق الذي يعطيه الميزان الأيروساتاتيكي في تعيين الأوزان النوعية

الثالثة طريقة الدورق هذه الطريقة غايتها أخذ دورق صغير من زجاج مشابه للدورق المستعمل للأوزان النوعي للأجسام الصلبة المتقدم في شكل ٤٢ ووزنه فارغا ثم يوزن مملئاً بالماء ثم بالسائل المراد معرفة وزنه النوعي على التوالي فاذا طرح حينئذ وزن الدورق الزجاج من الوزن المتحصل في كل من الوزنين الأخيرين تحصل وزن الماء ووزن السائل ومنهما يستنتج الوزن النوعي المبحوث عنه

(٦٤)

* (المبحث الخامس في مراعاة درجة الحرارة في البحث عن الاوزان النوعية) *

حيث ان حجم الاجسام يزداد مع ازدياد درجة حرارتها وأن هذه الزيادة تتغير من جسم الى آخر ينتج من ذلك أن الوزن النوعي لأي جسم لا يكون واحداً في درجات الحرارة المختلفة ولهذا انتخبت درجة ثابتة لتعيين الاوزان النوعية وبناء على ذلك وافق أن يصير الماء في درجة $4^{\circ} +$ لانها هي الدرجة التي تقابل غاية تركزه وأما الاجسام الاخر الصلبة والسائلة فتفرض في الصفر وهذه الشروط لا تكون مستوفية عند تعيين أي وزن نوعي وسنشهد عند دراسة الحرارة التعديلات المفهولة للرجوع الى هذه الدرجات

* (الوزن النوعي للسوائل في الصفر بالنسبة لوزن الماء المقطّر درجة $4^{\circ} +$ المأخوذ وحدة) *

ماء مقطّر درجة $4^{\circ} +$ ٠٠٠ و ١	١٣, ٥٠٦	زيت
ماء مقطّر درجة الصفر ٩٩٩٨ و ٠	١, ٨١١	حمض كبريتيك
زيت الزيتون ٩١٥ و ٠	١, ٣١	حمض كلورايدريك
عطر الترمينينا ٨٧٠ و ٠	١, ٢١٧	حمض آزوتيك
زيت النفط ٨٤٧ و ٠	١, ٠٣٠	لبن
كحول خالص ٨١٥ و ٠	١, ٠٢٦	ماء البحر
انير كبريتيك ٧٣٦ و ٠	٠, ٩٩٤	نيون بور دو

* (استعمال جدولي الاوزان النوعية) *

جدول الاوزان النوعية هما استعمالات عديدة في المينيرالوجيه أي علم المعادن لانهما يعطيان وصفاً مميزاً لمعرفة الانواع المعدنية على حسب كثافتها ويستعملان أيضاً ليجاد ثقل الجسم المعلوم الحجم وبالعكس لايجاد الحجم متى كان الثقل معلوماً

* (الفصل السابع في الاريومتر ذي الحجم المختلف وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في أنواع الاريومتر المختلفة) *

أريومتر نيكولسن وأريومتر فرانكيت السابق ذكرهما يقال لهما ذوا الحجم المستقر والوزن المختلف لانهما يتغيران دائماً بمقدار واحد باضافة وزنات لهما تختلف باختلاف الاجسام الصلبة

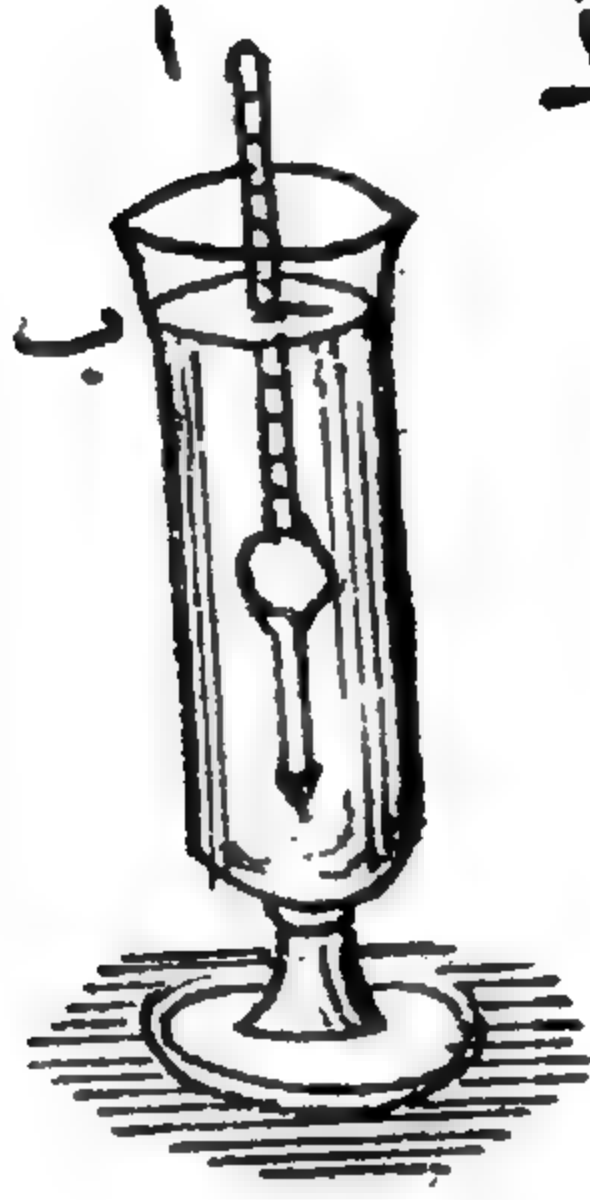
* (٦٥) *

المصلحة أو السائلة الواقع عليها التجربة وتصنع أيضا أريومترات ذوات أحجام مختلفة وأوزان ثابتة أعني ليس لها نقطة تهفف ثابتة وثقلها دائما واحدا وهذه الآلات المسماة ميزان الاملاح وميزان المحوامض وميزان الأرواح ليست معدة لتعيين الوزن النوعي للسوائل بل لمعرفة كثرة أو قلة تركيز المحاليل الملحبة أو المحوامض والكحول

* (المبحث الثاني في أريومتر بوميه) *

انشأ بوميه الأجزاء الفرنسية أريومتر ذا وزن مستمر كثيرا استعمال وهو طائفة من زجاج مكوّنة من ساق اب شكل ٤٤

ملحوم فيه كرة ملاءنة بالهواء وأسفل هذه الكرة كروي صغيرة ملاءنة بالزئبق تخدم صابورة



ويوجد كقيمتان لتدريج هذه الآلة على حسب استعمالها للسوائل الأثقل من الماء أو الأقل منه كثافة

ففي الحالة الأولى ينظم ثقلها بحيث تنغمر في الماء المقطر درجة ٤ + تقرنيسا للطرف العلوي للساق في نقطة ١ التي فيها يعلم الصفر ولاجل تميم تدريج الآلة يصنع محلول من ٨٥ جزء من الماء بالوزن و ١٥ جزء من ملح الطعام وتنغمر فيه الآلة وحيث ان

هذا المحلول أثقل من الماء النقي فلا تنغمر فيه الآلة إلا إلى نقطة ب وفيها يعلم ١٥ ثم تقسم المسافة التي بين نقطتي ا و ب ١٥ جزءا متساوية وبإدانة التقسيم هكذا إلى أسفل الساق يتم تدريج الآلة ثم تبين الأقسام على شريط من الورق يوضع داخل الساق

والأريومتر المصنوع بهذه الكيفية لا يستعمل إلا للسوائل الأثقل من الماء كالمحوامض والمحاليل الملحبة ويكون مقياسا للمحوامض والاملاح معا

وفي الحالة الثانية أي للسوائل الأقل كثافة من الماء يكون صفرة أسفل الساق وتدرجه مخالفا لتدريج الأول وأخذ بوميه للصفر نقطة تهفف الآلة في محلول مكوّن من ٩٠ جزء من الماء بالوزن و ١٠ أجزاء من ملح الطعام وأخذ رقم ١٠ نقطة تهفف الآلة في الماء المقطر وبعد ذلك قسم المسافة بين النقطتين إلى عشرة أجزاء متساوية

وبادامة التقسيم هكذا الى نهاية الساق ينتهى تقسيم الآلة وهذا هو مقياس السوائل
الروحية

ونوعاً أريومتر يوميه المذكوّر ان مدرّجان بطريقة اختيارية ولا يعرف بهما كثافة
السوائل ولا مقادير الاملاح المذابة ومع ذلك فاستعمالهما مفيد لمعرفة وصول المحلول
المحلى أو المحضى لدرجة تشبع معينة وبالاختصار تعرف بهما العلامات التى تصنع بها
المخاليط أو المحاليل بمقادير معلومة وان لم تكن بالضبط فهى كافية فى عدة أحوال مثال
ذلك فى عمل الاشربة المعتادة ثبت أن مقياس الاملاح ليوميه ينبغى أن يعلم ٣٥ درجة
على البار فى الشراب الجيد الصناعة وحينئذ فهذه الآلة يسهل على الصانع معرفة
درجة تركيز شرابه

* (المبحث الثالث فى الالكومتر المائى بجيولوساك) *

الالكومتر جيولوساك آلة معدة لقياس قوة السوائل الروحية فى درجة ١٥ + أعنى
أنها تبين عدداً لاجزاء المائىة بالنجم من الكؤل الخالص المحتوية عليه هذه السوائل
فى درجة الحرارة المذكورة وشكل الالكومتر كشكل أريومتر يوميه شكل ٤٤
لكن تدريجه المصنوع فى درجة ١٥ + يكون مخالفاً والشريط الموضوع على الساق
منقسم ١٠٠ جزء وكل قسم منها يدل على واحد مائىة بالنجم من الكؤل ومحل الصفر
يقابل الماء المقطر أى استواءه مع الماء المقطر عند غمر الآلة فيه ومحل ١٠٠ يقابل
الكؤل الخالص أى استواءه مع غمر الآلة فى الكؤل وبغمر الالكومتر
فى سائل روى حرارته ١٥ + تعرف قوته الروحية مثال ذلك اذا انغمر الالكومتر
فى روح العرق الذى حرارته ١٥ + الى ٨٤ قسماً دل ذلك على أن روح العرق هذا
محتوعلى ٨٤ مائىة من حجمه من الكؤل الخالص وباقى المائة ماء لانه معلوم أن
السوائل المعروفة فى المتجر بالعرق وبروح العرق مخاليط من الماء والكؤل ويدرج
الالكومتر بغمره على التوالى فى مخاليط مكونة من الكؤل الخالص والماء بمقادير
محدودة لكن لاجل أن يكون التدريج مضبوطاً يلزم احتساب انقباض الحجم أى
نقصه الذى يحصل للكؤل والماء عند خلطهما ولاجل ذلك يؤخذ مخبر ذو قاعدة
مدرّج ١٠٠ جزء متساوية ويصب فيه من الكؤل الخالص حتى يصل الى قسم ٩٥
ثم يتم ماؤه بالماء المقطر محد ١٠٠ فيحصل حينئذ مخلوط محتوعلى ٩٥ حجم من
الكؤل الخالص فى المائة وتغمر فيه الآلة وتعلم ٩٥ فى نقطة التهف ثم يفرغ المخبر

ويصب

(٦٧)

ويصب فيه ٩٠ من الكؤل الخالص ويتم أيضا ملؤه بالماء المقطر محدث ١٠٠ فيحصل مخلوط محتوي على ٩٠ من الكؤل الخالص بالججم في المائة وهكذا على التوالي من ٥ الى ٥ مع الاعتناء بنعمر الآلة كل مرة في المخليط المختلفة وكثافة ٨٠ و ٨٥ و ٩٠ الى آخره على الساق وأخيرا تقسم المسافات من ٥ الى ٥ خمسة أجزاء متساوية فتتدرج الآلة

ومن المهم ملاحظة حصول تدرج الالكومتر في درجة ١٥ + لان دلالاته لا تكون مضبوطة الا في هذه الدرجة وفي الواقع أن السوائل في الدرجات المرتفعة أو المنخفضة عن درجة ١٥ + تتعدأ وتقبض ويكثر انغمار الالكومتر أو يقل فيها أعني أن الحرارة تغير حجم السائل الروحي وتغير دلالات الالكومتر ومن ذلك ينشأ سببان مغايران يمكن باجماعهما أن يزيدا عن ١٢ في المائة من قيمة السائل من الصفر الى ٣٠ درجة + وقد وضع المعلم جيلوساك لتصلح هذين السببين المغايرين جداول في الخط الرأسى منها درجات الحرارة من الصفر الى ٣٠ درجة + وفي الخط الافقى منها درجات الالكومتر من الصفر الى ١٠٠ ثم يتتبع الخط الرأسى النازل من الصف المحتوى على درجات الالكومتر كما يفعل ذلك في جدول الضرب المعتاد يوجد في نقطة تقابله مع الخط الافقى الخارج من الصف الذى فيه درجات الحرارة العدد الدال على المقدار الحقيقى من الكؤل الخالص في السائل الروحي مثلا اذا كان سائل روحى في حرارة ٢٢ درجة + وبين الالكومتر بنعمره فيه ٣٦ قسم يوجد في الجدول أن مقدار الكؤل الحقيقى لهذا السائل المرجع الى درجة ١٥ + هو ٣٣ أعني انه محتوى على ٣٣ مائينة من الكؤل بالججم و ٦٧ مائينة من الماء

والكؤل متر جيلوساك بنعمره في النيذ لا بين فيه بمقدار الكؤل الخالص المحتوى عليه بسبب الاجسام الغريبة المحتوى عليها لكن اذا فصل الكؤل الموجود في النيذ عن هذه الاجسام بالتقطير صار الالكومتر مستعملا لذلك

(المبحث الرابع فى مقياس الاملاح المدرج على قاعدة الالكومتر المائينى)

يصنع أيضا مقياس للاملاح مدرج على قاعدة تدرج الالكومتر المائينى أعني أنه يبين المقدار بالوزن من الملح المحلول في سائل وصفه يقابل نقطة تهفوف غطسه في الماء النقى وتدرجه يتكون بتدوين ٥ و ١٠ و ١٥ و ٢٠ جراما من ملح معين في ٩٥

٩٠ و ٨٥ و ٨٠ جرام من الماء النقي ثم غمر الآلة في هذه المحاليل على التوالي و يعلم عليها ١٠ و ١٥ و ٢٠ على حسب اختلاف التهفيف في المحاليل المذكورة وقسمة كل مسافة خمسة أجزاء متساوية وعيبت هذا المقياس فقط أنه غير عام أعني أنه يلزم لكل نوع من الأملاح مقياس مخصوص فالقياس المدرج بازونات البوتاسا مثلاً لا يعطى الأدلالات كاذبة بالكلية في محلول كربونات البوتاسا أو ملح آخر

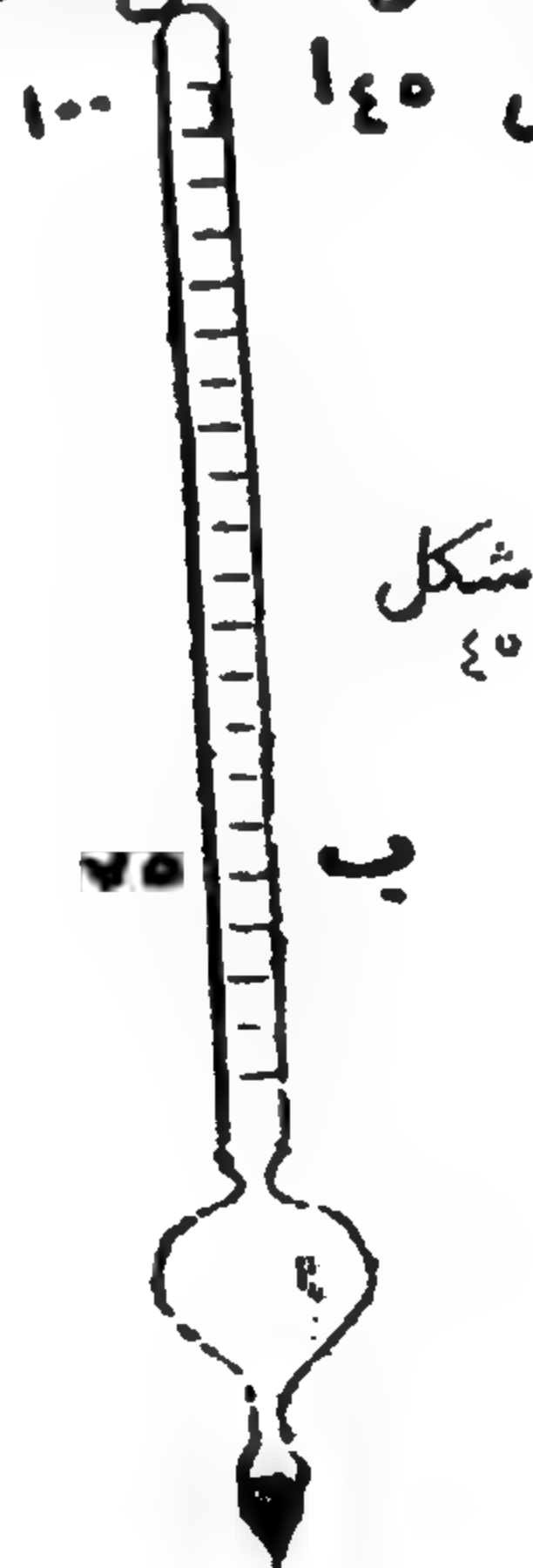
ويصنع على نفس القاعدة المذكورة مقياس اللبن ومقياس النبيذ المعد كل منهما لمعرفة كمية الماء التي غشت بها السوائل المذكورة ولكن هذه الآلات لا تظهر فائدة حقيقية لأن كثافة الألبان والأنبذة كثيرة الاختلاف حتى الخلقة الغير مغشوشة وكثير من الأطباء يستعمل مقياساً للبول مؤسساً على القاعدة المذكورة

(المبحث الخامس في مقياس الكثافة أي النسبمتر)*

مقياس الكثافة هو أريومتر مدرج بحيث تعرف به الكثافة النسبية للسوائل على حسب الدرجة التي يصل إليها بانغماره في السوائل المذكورة ولم نذكر هنا المقياس الكثافة المنسوب إلى جيلوساك

مقياس الكثافة أو مقياس الأبحام لجيلوساك مشابه بالكلية لأريومتر بوميه ولا يخالفه إلا في التدرج المتغير على حسب كون الآلة معدة للسوائل الأثقل أو الأقل كثافة فمن الماء في الحالة الأولى تصير الآلة بحيث تنغمر في الماء النقي إلى نقطة

كثافي شكل ١٤٥



الموضوعة في الطرف العلوي من الساق ثم ينتخب سائل تكون كثافته معروفة وأكثر من كثافة الماء بنسبة ٤ إلى ٣ مثلاً ويغمر فيه الجهاز فلا ينزل إلا النقطة ب من الساق وحينئذ إذا عبرنا بحرفي ف وف عن حجمي الآلة بانغمارها في الماء وفي السائل الثاني كانت هذه الأبحام على حسب عكس كثافة هذين السائلين كما تقدم في موازنة الأجسام الغاطسة والطائفة ويصير $\frac{3}{4} = \frac{3}{4}$ وينتج ف $\frac{3}{4} = \frac{3}{4}$ فاذا بينا حينئذ حجم ف بمائة

بمائة صا رجم ف ميينا خمسة وسبعين وبناء على ذلك تكتب ١٠٠ في نقطة اوه ٧
 في نقطة ب وحيث أن حجم اب على حسب قيمة ف هو ربع ف فتقسم مسافة اب
 الى ٢٥ قسما متساوية وكل من هذه الاقسام يكون $\frac{1}{25}$ من اب أو $\frac{1}{100}$ من ف أعني
 من الحجم الغاطس في الماء النقي واخبر ايداوم التقسيم الى الجزء السفلى من الساق وهذا
 الساق ينبغي أن يكون قطره واحدا في جميع طوله اذا عرفت ذلك فلاحظ معرفة كثافة
 سائل حمض الكبريتيك مثلا يكفي غمر الدنسيمتر فيه فاذا حصل التهفيف في قسم ٤٥
 دل ذلك على ان الحجم المتزوي من السائل مابين باربعة وخمسين حيث يكون حجم الماء
 ف ميينا بمائة وحيث أن كل جسم طافي يزيغ ثقلا من السائل مساويا لثقله كما تقدم
 فيتبع ذلك أن حجم الماء ف أو ١٠٠ وحجم حمض الكبريتيك ٤٥ يكون ثقلهما
 واحدا وكذا ثقل الآلة لكن في الاتقال المتساوية تكون أحجام الاجسام على
 حسب عكس كثافتها وبناء على ذلك اذا مرنا بحرف ز لكثافة حمض الكبريتيك
 وكثافة الماء مقدرة بواحد تحصلت المساواة $\frac{1}{100} = \frac{1}{45} \times Z$ وينتج $Z = \frac{45}{100} = \frac{9}{20}$
 ١٨٥

واذا كان الدنسيمتر معدا للسوائل الاقل كثافة من الماء يلزم تصديره بحيث توجد نقطة
 ١٠٠ للماء المقطر في الجزء السفلى من الساق وبعد ذلك يثبت في الطرف العلوي من
 الساق ثقل يكون ربع ثقل الآلة وحيث أن ثقل الآلة حين كانت وحدها كان
 ميينا بمائة فيكون مجموع ثقلها الآن ١٢٥ ويكتب حينئذ عدد ١٢٥ في محل نقطة
 التهفيف بعد غمر الآلة في الماء نائما وبعد ذلك تقسم المسافة بين النقطتين وهما
 ١٠٠ و ١٢٥ الى ٢٥ قسما متساوية ويستمر التقسيم هكذا الى قسمة الساق

* (المبحث السادس في الخواص الشعرية) *

الظواهر الشعرية يحدث من تلامس الاجسام الصلبة والسائلة جملة ظواهر تسمى
 بالظواهر الشعرية لكونها تشاهد بالخصوص في أنابيب ضيقة القطر جدا شبيهة
 بالشعرة

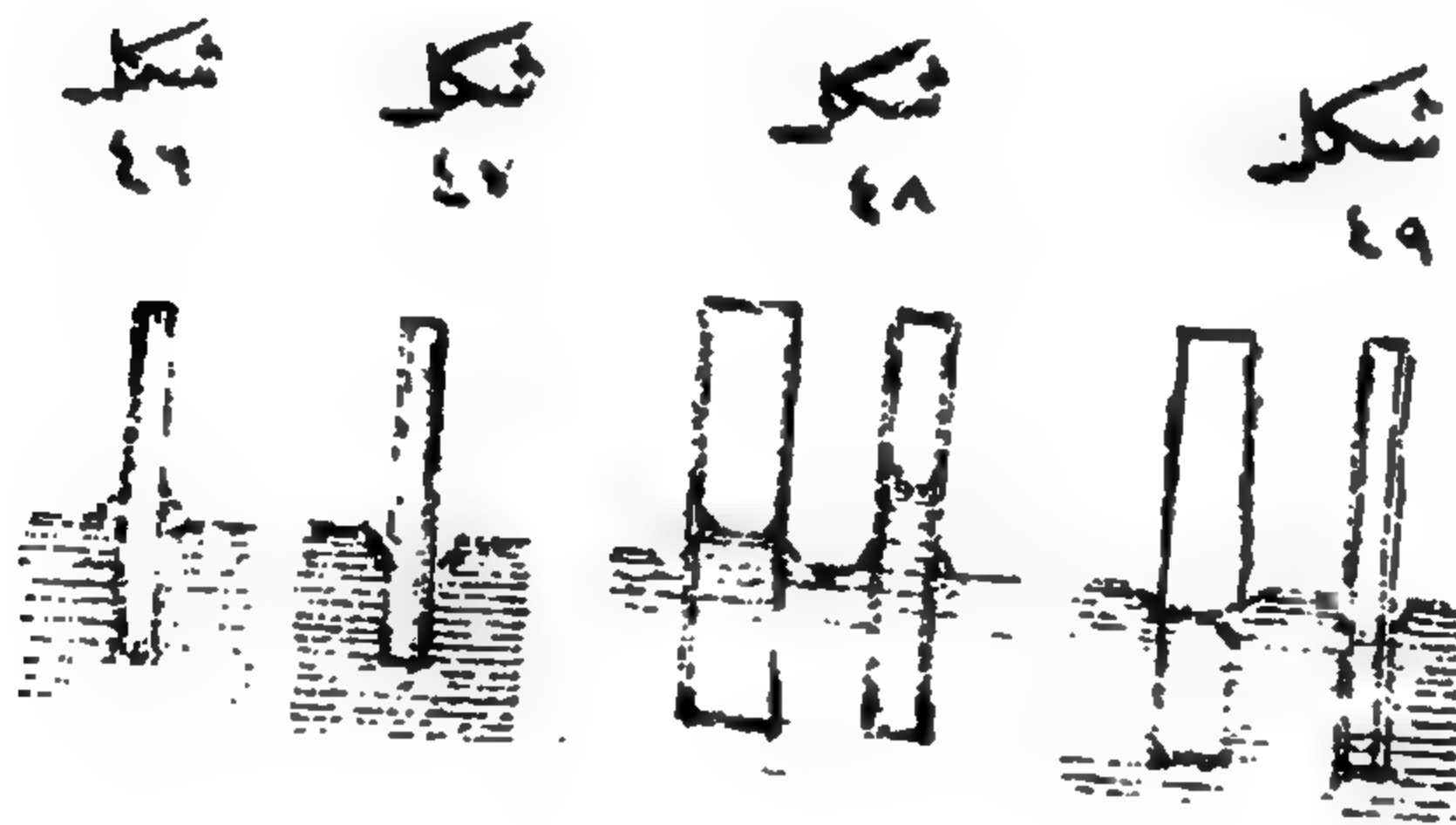
والفعل الشعرى وان كان كثيرا لاختلاف الاله ينسب دائما للجذب المشترك بين
 الاجزاء السائلة والاجسام الصلبة ففى غمر جسم صلب في سائل يبله ارفع السائل حول

* (٧٠) *

الجسم الصاب حيث أنه ليس منتظفا لقوانين الايدروس تاتيک وأخذ سطحه الافقي
شكلا مقعرا كما يظهر من شكل ٤٦

وبالعكس ان كان الجسم المغمور لا يتبل بالسائل كما يحصل عند غمر الزجاج في الزيت
انخفض السائل وأخذ سطحه شكلا محدبا حول الجسم المغمور كما يظهر من شكل ٤٧
ويحدث سطح السائل عين التحدب أو التقعير على جدران الاناء الحاوي له على حسب
كونه يبل الجدران أم لا

وتصير هذه الظواهر واضحة متى غمر في السائل أنابيب من زجاج مجوفة صغيرة القطر
بدلا عن غمر الانابيب المستطحة فيه وعلى حسب كون هذه الانابيب تتبل أولا تتبل
بالسائل يحدث ارتفاع أو انخفاض يكون أعظم كلما كان القطر صغيرا كما في شكل
٤٨، ٤٩ حتى ابتلت الانابيب بالسائل أخذ سطحه شكلا مقعرا يسمى بالمينيسك
المقعر شكل ٤٩ ومتى لم تتبل الانابيب كان لسطح السائل مينيسك محدب كما في
شكل ٤٩



ومن أراد معرفة قوانين الفعل الشعري وما يتعلق به فعليه بالمطولات

* (الباب الرابع في الكلام على الغازات وفيه فصول) *

* (الفصل الاول في خواص الغازات والهوى الجوي والبارومترا وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في الخواص الطبيعية للغازات) *

الغازات أو السوائل الهوائية أجسام أجزاءها تامة الحركة في حالة دفع ثابتة تسمى بالتمدد
وبقوة المرنة ومن ذلك تسمى الغازات بالسوائل المرنة

وتنقسم

(٧١)

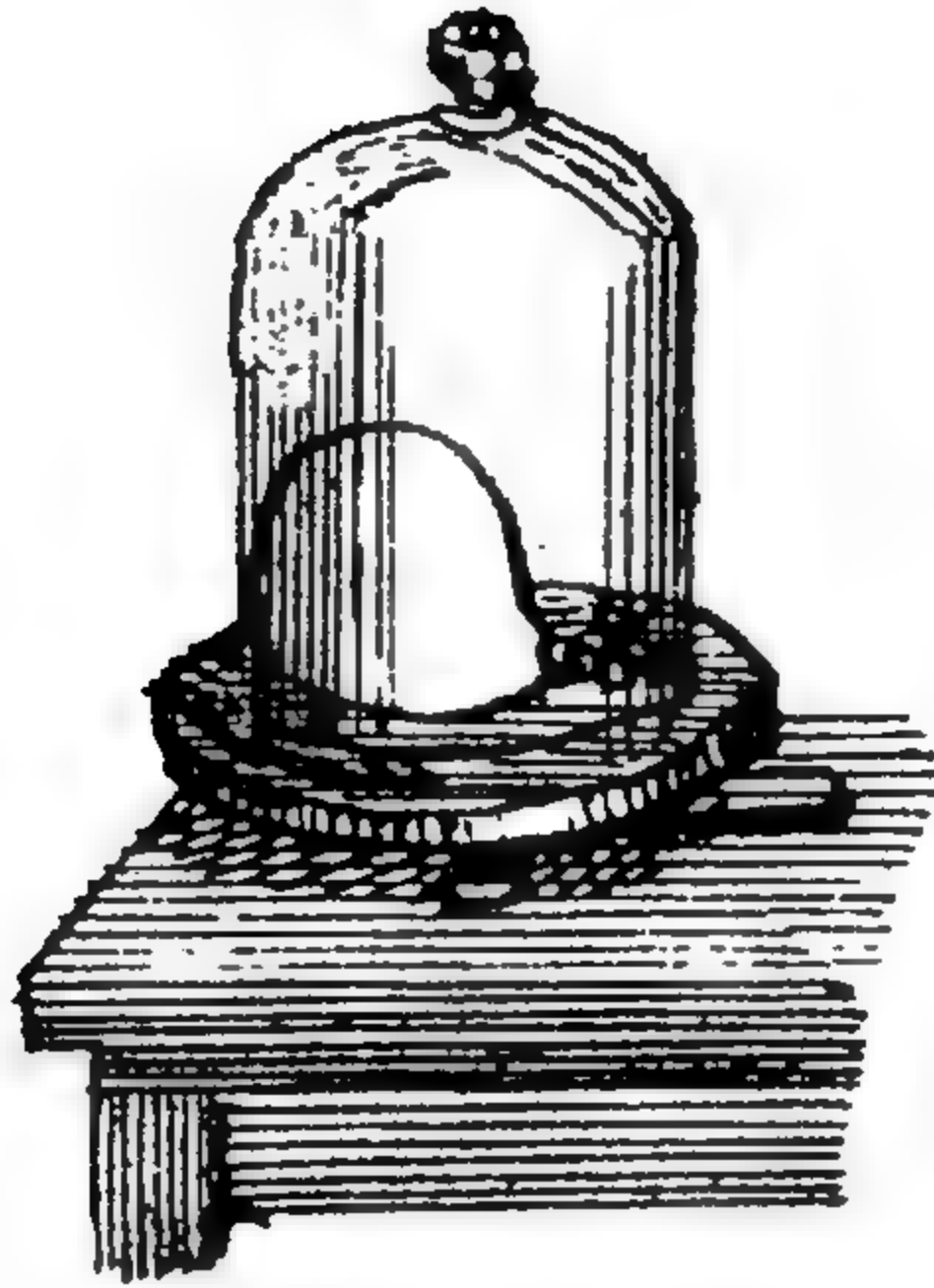
وتنقسم السوائل المرنة الى قسمين غازات خالدة وأحقيقية وغازات غير خالدة أو أبخرة فالاولى هي التي تبقى على الحالة الهوائية اذا عرّضت لضغط وانخفاض درجة الحرارة وذلك كالأوكسيجين والايذروجين والازوت وثاني أوكسيد الازوت وأوكسيد الكربون والثانية بعكس ذلك أعني أنها تنتقل بسهولة كثيرة أو قليلة الى حالة السيولة سواء كان بزيادة الضغط أو بالبرودة وهذا التمييز ليس منتظما دائما لان كثيرا من الغازات المعتبرة خالدة قد ادماعها المعلم فرادى وطبيعيمون آخرون وينبغي القول بمجموعة الغازات التي لم تجميع الى الان اذا عرّضت لضغط وبرد كاف ولاجل ذلك يعطى اسم غاز للاجسام التي لا تظهر الا على الحالة الغازية في الضغط المعتاد والحرارة الاعتيادية بخلاف لفظة بخار فانها تطابق على الحالة الهوائية التي تأخذها الاجسام السائلة بتأثير الحرارة كالماء والكحول والاثير في الضغط وفي الحرارة المعتادين

والغازات المعروفة الان في الكيمياء ٣٤ منها أربعة بسيطة وهي الأوكسيجين والايذروجين والازوت والكلور وسبعة توجد متكوّنة في الطبيعة وهي الأوكسيجين والازوت وحض الكربونيك واول وثاني كربورالايذورجين والنوشادر وحض الكبريتوز وباقيها لا يتحصل الا بالتأثير الكيماوى

(المبحث الثانى فى قوة تمدد الغازات)

قوة تمدد الغازات أعني ميلها لاخذ حجم أكبر من حجمها الاصلى تثبت بالتجربة الآتية وهي أن يوضع تحت ناقوس الآلة المفرغة مثانة ذات حنفية محتوية على كمية قليل من الهواء قد دبلت بالماء ابتداء لتصير كثيرة السلاسة فتوجد الموازنة أولا بين قوة مرونة الهواء الذى تحت الناقوس وقوة مرونة الهواء المنحصر فى المثانة لكن بمجرد الابتداء فى عمل الفراغ يضعف الضغط الواقع على المثانة فتنتفخ شيئاً فشيئاً كما اذا نفخ فيها كفاً فى شكل . .

شكل



وهذا يثبت قوة مرونة الغاز المحتوية هي عليه ومتى ادخل الهواء الظاهري بعد ذلك بواسطة حنفية معدة لذلك بشاهد انضغاط المئانة ثانياً بالماء الداخل وتأخذ حجمها الأصلي وبهذه الكيفية تثبت قوة تمدد جميع الغازات والظاهر أن أي غاز منحصراً في أناء مفتوح يلزم أن يتصاعد منه بالنظر لقوة تمدده وفي الواقع لا يحصل هذا إلا إذا كان الاناء في الفراغ لكن الذي يمنع خروج الغاز في الأحوال المعتادة هو ضغط الهواء الظاهري ويكون ذلك أكيداً إذا كان السائل المرص المنحصر في الاناء هو نفس الهواء وفي الواقع أوضحت التجربة أنه لا يمكن موازنة قوة تمدد غاز لا بضغط حاصل من كتلة غازية من جنسه فضغط الهواء مثلاً لا يمكنه أن يوازن قوة تمدد الأيدروجين أو حمض الكربونيك وحينئذ فهذه الغازات لا ينتشران كما ينتشران في الفراغ بل يختلط الغاز الداخل مع الخارج بسرعة وسيثبت عن قريب أن قوة مرونة الغازات تكون دائماً مساوية ومضادة للضغط الذي تتحمله وأن قوة المرونة هذه تزداد مع ازدياد درجة الحرارة

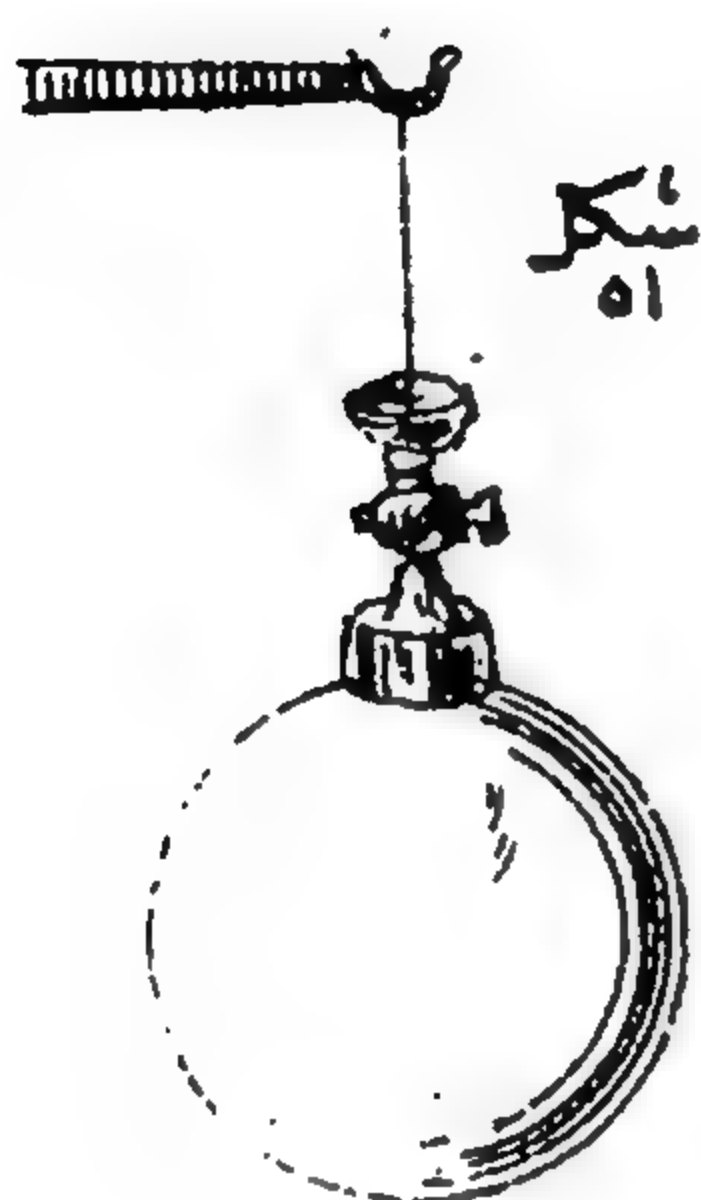
(المبحث الثالث في ثقل الغازات)*

تظهر الغازات أنها خفيفة عن قوانين التماثل بالنظر لكثرة سيولتها وتمدداتها الخاص بها لكن هذه السوائل اللطيفة منقادة لقوة التماثل كالأجسام الصلبة والسائلة

ولاجل

* (٧٣) *

ولا جيل اثبات ثقل الغازات يعاق أسفل كفة ميزان كثير الاحساس كرة من زجاج تسع من ثلاث ليترات الى أربع عنقها موشح بمنغية تغلق غلقاً محكمًا كما في شكل ١٠١



ثم توزن هذه الكرة أولاً ملاءة بالهواء ثم توزن بعد تفرغها بواسطة الآلة المفرغة فيوجد أن الوزن الثاني أقل من الأول بكثير من الجرامات وهذا الفرق هو الذي يدل على ثقل الهواء المستخرج من الكرة وبتهديد برجم الكرة أولاً بالليتر يوجد بهذه الطريقة أن الليتر من الهواء النخالص في درجة الصفر وفي ضغط الجواء المعتاد ٧٦ م يزن ٢٩٣ ر جراماً أو تقريباً ١٣ ر والليتر من الأيدروجين الذي هو أخف الغازات يزن ٠٩ م من جرام أهـ نى أنه أخف من الهواء أربع عشرة مرة ونصف تقريباً والليتر من غاز حـض اليودا يترك الذي هو أثقل جميع الغازات يزن ٧٧٦ م جراماً

* (المبحث الرابع في كثافة الهواء بالنسبة للماء) *

حيث أن الليتر من الهواء يزن ٢٩٣ ر جراماً والليتر من الماء يزن ١٠٠٠ جرام فإذا قسم الوزن الأول على الثاني فالنتيجة المتحصلة هو كثافة الهواء بالنسبة للماء وهو ٠٠١٢٩٣ م. وحيث أن هذا العدد أصغر من وحدة كثافة الماء ٧٧٣ مرة ينتج من ذلك أن الحجم من الماء يزن أكثر من حجم مساو له من الهواء ٧٧٣ مرة طالة كون الهواء في درجة الصفر وفي ضغط ٧٦ م والماء في درجة ٤ م والعدد ٠٠١٢٩٣ م الدال على الوزن النوعي للهواء بالنسبة للماء له استعمال في معادلات كثيرة ويسهل استخراجها لانه ينتج من عدد ٢٩٣ ر جراماً بتأخير الشرطة ثلاث خانوات جهة الشمال

* (المبحث الخامس في الضغط الحاصل بالغازات أى ضغط الغازات) *

تحدث الغازات على أجزاء كتلها وعلى جدران الأواني المحاطة لها نوعين من الضغط أحدهما ناشئ عن قوة مرونتها بقطع النظر عن قوة التماسك وثانيهما ناشئ عن تأثير قوة التماسك

فاذا كانت كتلة غازية في حالة توازن في اثناء وقطعنا النظر من ثقلها ونظرنا القوة تمددها فان الضغوط المنسوبة الى هذه القوة تنتقل بشدة واحدة على جميع نقاط الجدران وعلى جميع الكتلة الغازية لان القوة الدافعة المحاصلة بين الاجزاء تكون واحدة في جميع النقط وتؤثر بالسوية في جميع الجهات وهذا ناشئ عن مرونة الغازات وسيولتها التامة لكن اذا نظرنا للتأثير المتماثل نجد ان هذه القوة تولد ضغوطا منقادة لنفس قوانين السوائل اعني انها تزداد بالنسبة لكثافة الغازات وبالنسبة للعمق وانها تكون ثابتة على نفس الطبقة الواحدة الافقية وايست متعلقة بشكل الكتلة الغازية وأما قوة مرونة الغازات حيث أنها في كل نقطة مساوية ومضادة للضغط الذي تعمله هذه النقطة فتزداد بالتبعية لازدياد العمق

والضغوط التي تنتج عن الكتل الغازية الصغيرة تكون ضعيفة جدا ويمكن قطع النظر عنها لكن كتل الغازات العظيمة كالهواء الجوي تكون فيها الضغوط المنسوبة لقوة التماسك عظيمة ويهتم باحتسابها

(المبحث السادس في الجو وتركيبه)*

الجو هو الطبقة الهوائية التي تغلف الكرة الارضية ومجذوبة معها في المسافة وكان الهواء معتبرا عند القدماء من جملة العناصر الاربعة القائمين بها وقد اظهرت الكيمياء المتأخرة أنه مخلوط من الازوت والاكسيجين بنسبة ٨٠ و ٢٠ من الاوكسيجين و ٧٩ و ٢٠ من الازوت بالحجم وبالوزن من ٢٣ و ٠١ من الاوكسيجين و ٧٦ و ٠١ من الازوت ويوجد ايضا في الهواء الجوي بخار ماء بمقادير مختلفة على حسب درجة الحرارة والفصول والاقاليم واتجاه الرياح وبالمجمل فيحتوي الهواء على ٣ الى ٦ من عشرة آلاف من حمض الكربونيك بالحجم وحمض الكربونيك الموجود في الهواء ناشئ عن تنفس الحيوانات والاحتراقات وتحليل الاجسام العضوية

ومع هذا التولد الدائم لحمض الكربونيك على سطح الارض فلا يظهر تنويع في تركيب الهواء الجوي وهذا ناشئ عن كون الاجزاء النباتية الخضراء تحلل بالفعل المحيوي النباتي حمض الكربونيك بمساعدة ضوء الشمس وتأخذ كربونه وترجع للجو والاكسيجين الذي رفع منه بتنفس الحيوانات والاحتراقات

* (٧٠) *

(المبحث السابع في ضغط الجو وارتفاعه)

حيث أن الهواء ثقيل ينتج من ذلك أنه إذا توجه منا أن الجو هو قسم إلى طبقات أفقية فإن طبقاته العليا تضغط بثقلها الطبقات السفلى ويتناقص هذا الضغط مع تناقص عدد الطبقات ويكون الهواء أقل انضغاطاً وأكثر تخللاً كلما ارتفعنا كثيراً في الجو

وبالنظر لقوة تمدد الهواء يظهر أن جزيئاته يلزمها أن تنتشر بلانهاية في المسافة الكوكبية إلا أن قوة تمدد الهواء هذه تأخذ في التناقص شيئاً فشيئاً بفعل التمدد نفسه وخلاف ذلك فإنها تضعف بانخفاض درجة الحرارة في الجهة العليا من الجو بحيث يوجد زمن تنتظم فيه الموازنة بين قوة تمدد جزيئات الهواء وتأثير التثاقل الذي يجذبها نحو مركز الأرض ويستنتج من ذلك أنه يلزم أن يكون الجو محدوداً

وعلى حسب ثقل الجو وتناقص كثافته ومشاهدة الظواهر الضوئية قبل بزوغ الشمس وبعد غروبها قدر ارتفاعه من ٥٠ إلى ٦٠ كيلومتراً وفيما وراء ذلك هو الهواء المتخلخل بالكلية وفي ارتفاع ١٠٠٠ كيلومتر تقريباً فراغ حقيقي

وبمقتضى المشاهدات الجديدة المفعولة خصوصاً في ريو جانيرو وعلى الأقواس الضوئية قبل بزوغ الشمس وبعد غروبها وعلى حد الاستقطاب الجوي وجد المـ علم ليبز أن ارتفاع الجو من ٣٢٠ إلى ٣٤٠ كيلومتراً وهذا الارتفاع يخالف كثيراً الارتفاع المقول به إلى الآن

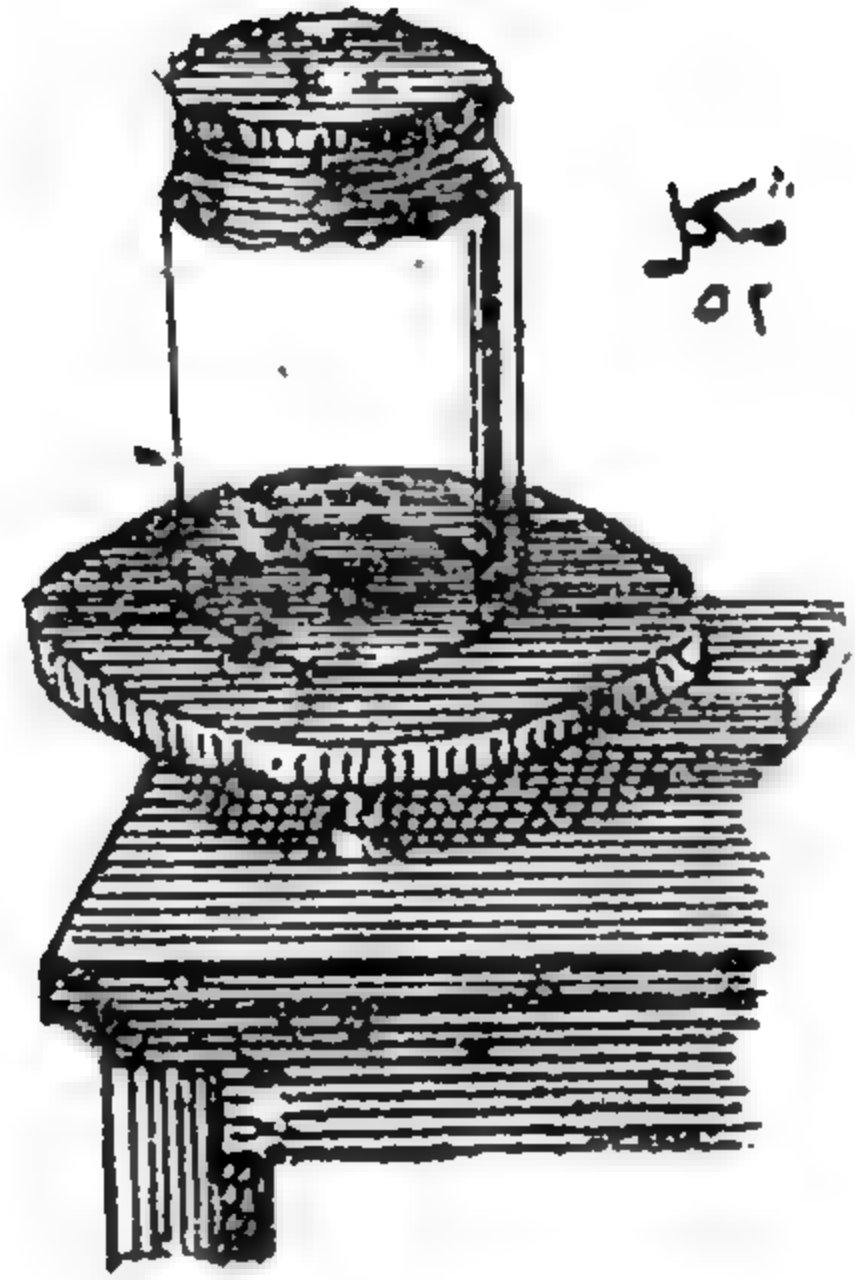
وحيث عرف فيما تقدم أن اللتر من الهواء يزن ١,٣ جراماً يعلم من ذلك أن مجموع الجو يلزم أن يحدث على سطح الكرة ضغطاً عظيماً ويثبت وجود هذا الضغط بالتجارب الآتية

(المبحث الثامن في ثقب المئانة ونصف كرة مجدبورج)

تفعل هذه التجربة بواسطة اسطوانة من زجاج تسدسها محكم من جزئها العلوي بغشاء من الأمعاء وجزؤها السفلى الذي تكون حافته متساوية ومدهونة بالشحم يوضع على موصل الآلة المفرغة كما في شكل ٥٢

* (٧٦) *

فبمجرد عمل الفراغ في هذه الاسطوانة ينخفض الغشاء تحت الضغط الجوي الواقع عليه
ويتمزق حالا بفرقة شديدة متسببة عن دخول الهواء بسرعة
نصفي كرة مجذبورج ثقب المثانة لا يثبت ضغط الجو والامن اعلى الى اسفل ويثبت
الضغط من جميع الجهات بواسطة نصفي كرة مجذبورج وهذا الجهاز متكون من نصفي كرة
محزوفة من نحاس قطرها من ١٠ الى ١٢ سنتيمترا شكل ٥٣



حافظتهما وشحمة بقطعة من جلد حلقية مدهونة بالشحم لتحفظ الفراغ عندما تكون
هذه الحواف متلامسة وأحد نصفي الكرة يحمل حنفية تركيب على موصل الآلة
المفرغة والاخرى تحمل حلقة تخدم مقبضا لاساكتها وجذبها فإدام نصفا الكرة
متلامسين ومشمولين على الهواء أمكن فصلهما عن بعض بسهولة لانه توجد موازنة بين
قوة تمدد الهواء الداخلي والضغط الجوي الخارجي لكن متى فعل الفراغ لا يمكن فصلهما
عن بعض بدون قوة شديدة وهذا يثبت أن ضغط الجو وحاصل من جميع الجهات

*) (الفصل

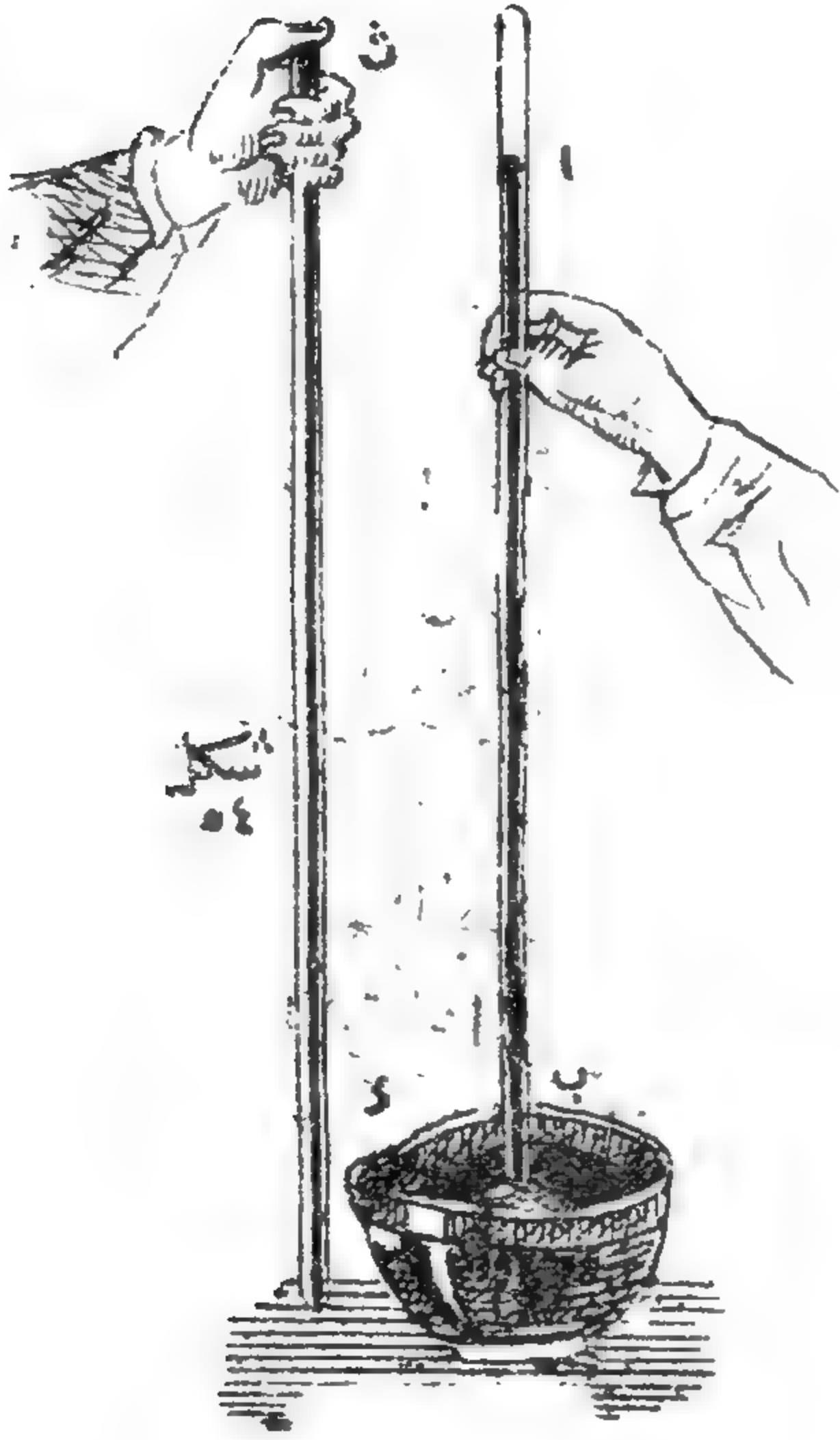
* (٧٧) *

* (الفصل الثاني في قياس ضغط الجو وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في تجربة تروشيلى) *

نصف الكرة المتقدمة بين يثمتان ضغط الجو لكن لا يعرف به مائة دارة والتجربة
الآتية التي فعلها تروشيلى تليد غليلي سنة ١٦٤٣ مسيحية تعطي مقدار ثقل الجو
بالضغط

وهي أن تؤخذ أنبوبة من زجاج طولها ٨٠ سنتيمترا اقله وقطرها من ٥ الى ٦ سم
مسدودة أحد الطرفين وبعد وضعها في الوضع الرأسي ث ب شكل ٥٤



تملأ بالزيت ثم تغلق فتحة ث بالابهام
وتقلب الأنبوبة وتغمر في حوض مـ لأن
بالزيت ثم ينزع الاصبع فينخفض حينئذ
عمود الزيت بقية سنتيمترات ويحفظ في
استواء البحار ارتفاعا متوسطا ٧٦ سم
سنتيمتر

ولاجل ايضاح كيفية بقاء عمود الزيت
هذه العلاقة في الأنبوبة نقول حيث أن
الانبوبة والحوض عبارة عن انائين
مستطريقين ببعضهما فلا تنتظم الموازنة
الا اذا كان الضغط واحد على جميع نقط
الطبقة الافقية كما مروب بناء على ذلك
يكون المؤثر على السطح الخالص لزيت
الحوض هو الضغط الجوي والمؤثر على
نفس استوائه داخل الأنبوبة هو الضغط
المنسوب لعمود الزيت وحده الذي
بقي فيها متعلقا حيث أن الفراغ متكون في

أعلى من الزيت وحينئذ فالضغط الباطني والظاهري متساويان حيث توجد
الموازنة ويستنتج من ذلك أن ضغط الجو مساو للضغط الحاصل بعمود من الزيت ارتفاعه

٧٦ ر. م لكن ان زاد ثقل الجوّ ونقص ارتفاع عمود الزيبق اب او نقص حالا بالتبعية له

* (المبحث الثاني في تجربة بسكال) *

تجربة بسكال لما أراد بسكال تحقيق أن القوة التي أمسكت الزيبق في أنبوبة تروشيلى هي ضغط الجوّ فعل التجريبتين الاتيتين الاولى انه لما رأى انخفاض عمود الزيبق في الانبوبة بمجرد الصعود في الجوّ بسبب نقص الضغط ترجى أحد أقاربه القاطن في أويرنى أن يعيد تجربة تروشيلى على جبل بوى دودوم بفرانس فلما أعاد التجربة نقص عمود الزيبق ٠.٨ م تقريباً وهذا يثبت أن ثقل الجوّ هو الذى أمسك الزيبق في الانبوبة حيث أنه متى نقص هذا الثقل ينقص تبعاً له عمود الزيبق

الثانية أن بسكال أعاد تجربة تروشيلى في روين سنة ١٦٤٦ بسائل آخر خلاف الزيبق بأن أخذ أنبوبة طولها ١٥ متراً مسدودة أحد الطرفين وملاًها بالنبيذ الأحمر وقلبها رأسياً في حوض ملاً من هذا السائل فشاهد حينئذ أن السائل وقف في الانبوبة في ارتفاع ٤ ر. م تقريباً أعنى أكبر من ارتفاع الزيبق ١٣ ر. م مرة وحيث أن النبيذ أقل كثافة من الزيبق ١٣ ر. م مرة فثقل عمود النبيذ مساو لثقل عمود الزيبق في تجربة تروشيلى وحينئذ فالذى أمسك السائلين على التوالي قوة واحدة وهي ضغط الجوّ

* (المبحث الثالث في تقدير ضغط الجوّ بالكيلوجرام) *

على مقتضى الارتفاع الذى يقف تحته الزيبق في حالة الموازنة في أنبوبة تروشيلى يمكن أن يقدّر بسهولة بالكيلوجرام ضغط الجوّ على سطح محدود ولاجل ذلك نعتبر أن قسم الانبوبة الباطنى يكون بالضبط سنتيمتراً واحداً مربعاً فيكون حينئذ عمود الزيبق الذى في الانبوبة شكل اسطوانة قاعدتها سنتيمتر واحد مربع وارتفاعها ٧٦ ر. م ويصير حجمها ٧٦ ر. م مكعباً لانه معلوم أن مساحة الاسطوانة نتيجة ضرب قاعدتها في ارتفاعها وحيث أن السنتيمتر المكعب من المائيزن جراماً واحداً فيلزم أن السنتيمتر المكعب من الزيبق يزن ١٣ ر. م جراماً لان الزيبق أثقل من الماء ١٣ ر. م مرة فينتج من ذلك أن ثقل عمود الزيبق في الانبوبة يساوى ١٣ ر. م جراماً مضروباً في ٧٦ أعنى ١٠٣٣ جراماً أى كيلوجراماً واحداً وثلاثة وثلاثين جراماً ويكون ضغط الجوّ حينئذ على ديسيمتر واحد مربع المشتمل على ١٠٠ سنتيمتر مربع ١٠٣ كيلوجرام و ٣٠٠ جرام

* (٧٩) *

جرام وعلى المتر المربع المشتمل على ١٠٠ ديسيمتر مربع يساوى ١٠٣٣٠ كيلو جرام

وحيث أن مجموع السطح الانساني عند الشخص ذى القامة والغلط المعتادين متر مربع ونصف فيكون الضغط المتوسط الذى يتحملة الانسان على سطح الارض ١٥٥٠٠ كيلو جراما ويظهر أن هذا الضغط العظيم يلزم أن يخلط أجزاء الانسان ببعضها لکن جسمه يقاوم هذا الضغط بتأثير اسوائل المرنة المحتوى عليها ولم يحصل لأعضائه منه أدنى تعب فى حركتها لان الضغط الجوى حيث أنه حاصل فى جميع الجهات يحدث عليه من كل جهة ضغوطا متساوية ومتضادة ومتوازنة صالحة لاتتصابه أكثر من اتعابه وفى الواقع أن فى الايام التى يكون فيها الضغط الجوى كثير الضعف يكابد الانسان تعباً يجعله يقول ان الهواء ثقيل وهذا خلاف ما يلزم أن يقوله

* (المبحث الرابع فى أنواع البارومتر المختلفة) *

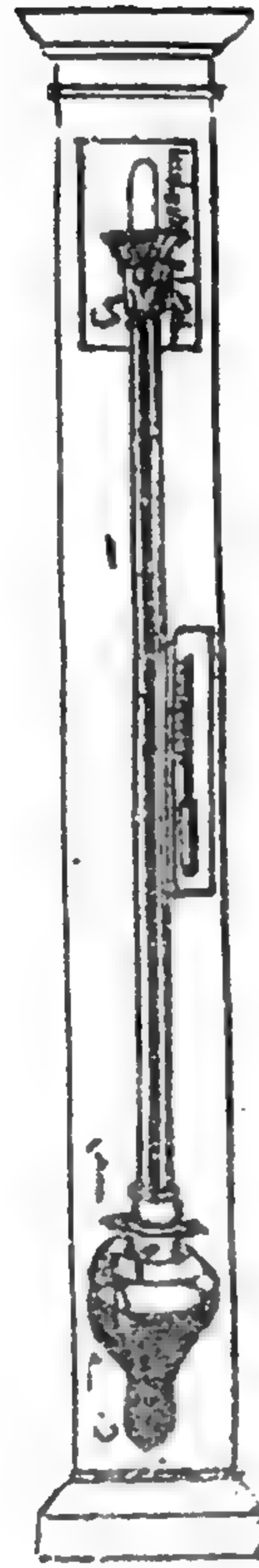
البارومتر آلة مخصوصة لقياس ضغط الجوى وفى البارومتر المعتادة التى سنذكرها هنا يقاس هذا الضغط بارتفاع عمود الزئبق فى الأنبوبة الزجاج كفاى تجربة تروشيلى وتنقسم البارومترات المعتادة الى ذى الطست وذى المص وذى وجه الساعة وتصنع أيضا بارومترات بدون زئبق سنذكر منها واحدا وهو البارومتر المعدنى كما سيأتى

* (المبحث الخامس فى البارومتر ذى الطست) *

يتركب البارومتر ذى الطست من أنبوبة زجاج مسدودة من قتها طولها ٨٥ سم تقريبا تملأ بالزئبق وتغمر فى طست ملاءن بالزئبق كالجهاز المسمى بأنبوبة تروشيلى شكل ٥٤ ولاجل صيرورة البارومتر سهل الحمل من محل الى آخر وصيرورة تغيرات الاستواء فى الطست قليلة الاحساس عند ارتفاع الزئبق وانخفاضه فى الأنبوبة نوعا وشكل الطست تنوعا كثيرا وشكل ٥٥

يوضع بارومتران هـ هذا الجنس يمكن نقله بسهولة
من محل الى آخر

فالطست قسمان غير متساويين م ن أكبرهما
ملتصق مع الأنبوبة بواسطة الراتنج وليس متصلا مع
الهواء الجوى الا بواسطة فتحة صغيرة مغطاة بقرص
من الجلد آ تشاهد مدينة هـ على الجدار العلوى من
الطست قريباً من الأنبوبة وأصغرهما ملائ
بالزئبق وليس ملائ من القسم الأكبر الا جزأ قليلاً
وهذان القسمان منضمان بواسطة اختناق صغير
فيه يدخل الطرف السفلى للأنبوبة البارومترية أ
وهو لا يسدالا اختناق الجامع للقسمين بل يترك بينهما
وبين جدران فتحة الاختناق مسافة صغيرة جداً
لكى لا تسمع شعريته الزئبق القسم الصغير بالصعود
اذا مال البارومتر وأقلب وبنسأ على ذلك فلا يدخل
الهواء فى الأنبوبة من طرفها المسحوب المغمور
فى الزئبق هـ كما كان وضع البارومتر



شكل

وجميع الاجهاز مثبتة على لوح من خشب التنوب
يحمل فى جزئه العلوى مسطرة مدرجة ميلية مترات
وهذا التدريج مبتدأ من استواء الزئبق فى الطست
أعنى أن صفوه من استواء زئبق الطست

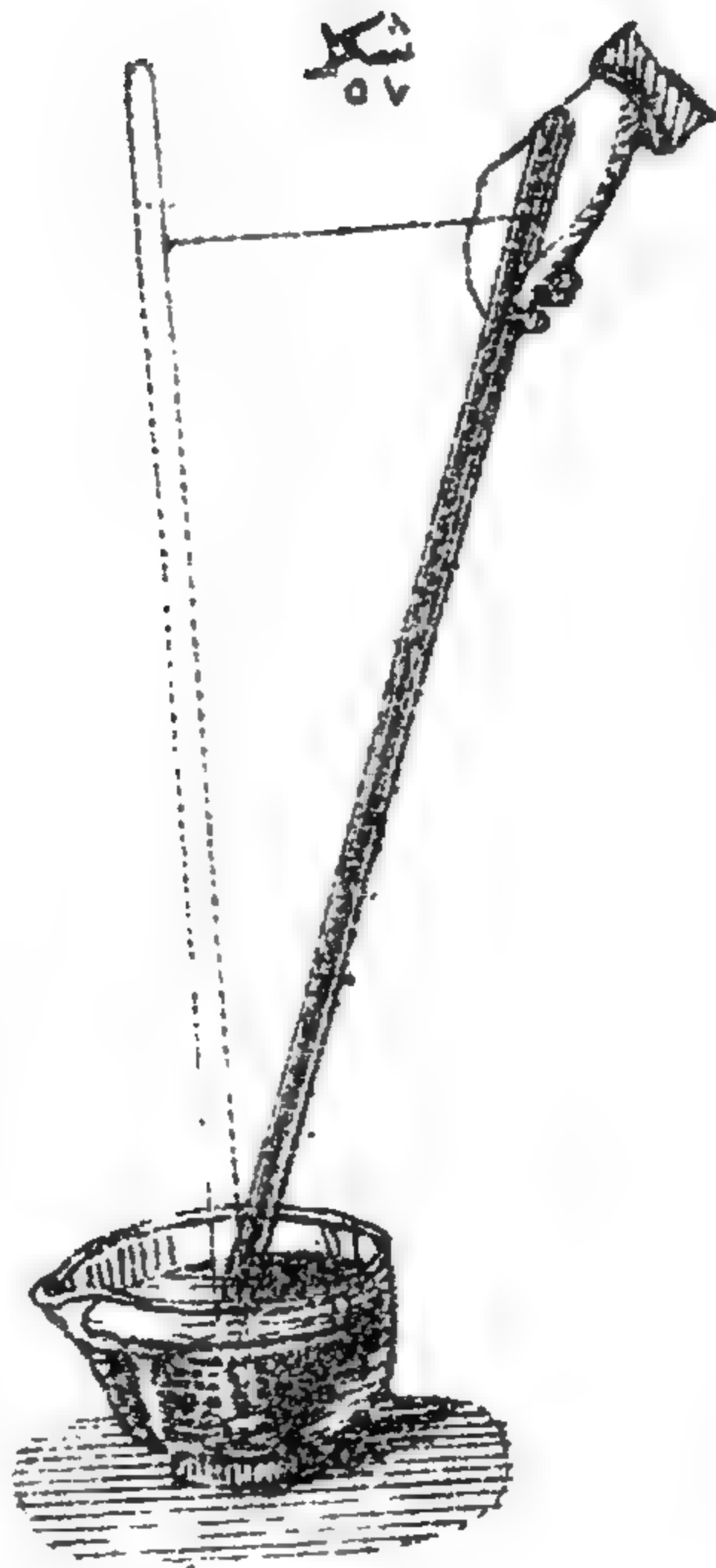
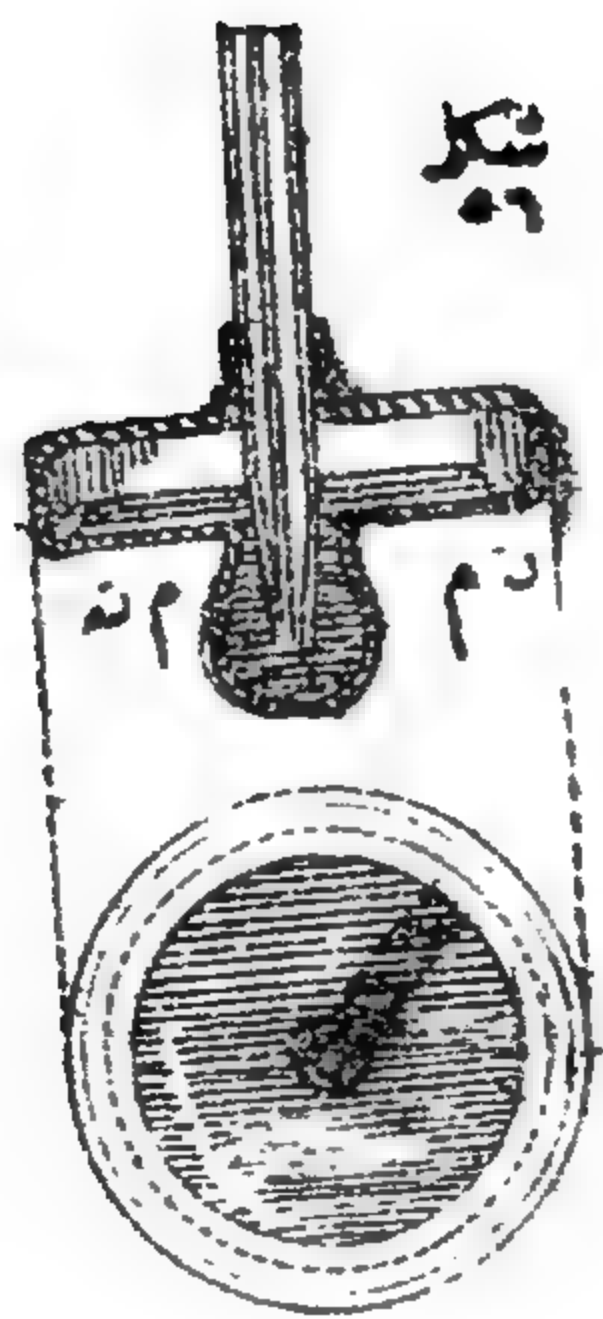
وبالجملة فالجسم الحاقى الذى يمكنه الانزلاق بطول الأنبوبة يرفعه المجرب الى أن
يتقابل طرفه العلوى مع المينيسك المحذب للزئبق ويقرأ حينئذ على المسطرة ارتفاع
عمود الزئبق

وهذا البارومتر مثل جميع بارومترات هذا الجنس يبين ضغطاً قليلاً بسبب أن صفو
المسطرة لا يطابق بدون تغير استواء الزئبق فى الطست وفى الواقع حيث أن ضغط
الجوى ليس ثابتاً فاستواء الزئبق يتغير دائماً كلما زاد ضغط الجوى أو نقص لان كمية من
الزئبق تمر حينئذ من الطست فى الأنبوبة أو من الأنبوبة فى الطست وينتج من ذلك

ان

ان صفر المسطرة يكون في أغلب الاحوال أعلى أو أسفل استواء الزئبق في الطست
وأن الارتفاع المشاهد يكون بالتبعية صغيرا أو كبيرا ويلطف هذا السبب المغلط
باستعمال طست ذي سطح عظيم محتو على قليل من الزئبق كما في شكل ٥٦
نحو وصا اذا لم ينبتط الزئبق على جميع قاع الطست ن ن بل على الجزء المركزي فقط
وفي الواقع اذا نقص الضغط فبحرور الزئبق من الانبوبة في الطست لا ينبتط الامن م
الى ن نهايته ويحفظ نفس الاستواء

ويكون كذلك أيضا اذا مرت كمية زئبق قليلة من الطست في الانبوبة وعلى كل فلا يكون
هذا حقيقيا الا في البارومترات الآتية ذكرها التي بها تتحصل القياسات بالضبط
ومهما كان البارومتر المستعمل نعتبر دائما أن الارتفاع هو المسافة الرأسية من استواء
الزئبق في الطست الى استوائه في الانبوبة ولهذا يلزم أن يكون وضع البارومتر عند
المشاهد رأسيا بالكلية والاستطال عمود الزئبق عنه دما تكون الانبوبة مائلة
كما في شكل ٥٧



* (٨٢) *

وكان العدد الذي يقرأ على المسطرة كثيرا
وحيث أن الضغط الذي يحدثه الزيت بقوله على قاعدة الأنبوبة غير متعلق بشكل
الأنبوبة ولا بقطرها كما تقدم في عدم تعلق الضغط بشكل الاواني لانها ليست شعيرية
فيكون ارتفاع البارومتر غير متعلق بقطر الأنبوبة ولا بشكلها مستقيما كان أو منحنيما لان
يكون هذا الارتفاع على حسب عكس كثافة السوائل ويكون الارتفاع المتوسط
للبارومتر الزيتي في استواء البحار ٧٦ ر ٠ م وفي البارومتر المائي ٣٣ ر ١٠ م

(المبحث السادس في بارومتر فورتنين)

بارومتر فورتنين المسمى هكذا باسم مخترعه هو البارومتر ذو الطست لكن يختلف طستة
عن طست البارومتر المتقدم يكون قاعه من جلد الاريل ويرفع ويخفض بواسطة برمة
ضغطة موضوعة أسفله وبه هذه الكيفية تحصل فايدتان الاولى الحصول على استواء
ثابت في الطست الثانية صيرورة الآلة سهلة الحمل من محل الى آخر وفي الواقع
لاجل حملها في السفر يكفي رفع جلد الاريل الى أن يعلأ الزيت بقى بصعود الأنبوبة
والطست بالكلية وحيث يمكن ميل البارومتر بل وتدويره بدون أن يخشى دخول
الهواء فيه أو كسر الأنبوبة من صدمة الزيت وشكل ٥٨

يوضح ترتيب هذا البارومتر الذي أنبؤيته
منحصرة في غلاف من نحاس معد لوقايتها
مشقوق من جزئه العلوي شقين بالطول
مقابلين بهما يشاهد استواء الزيت ب
وعلى الغلاف مسطرة مدرجة ميلمترات وكذا
قرص الذي يتحرك الى أعلى أو أسفل
باليدي يد بواسطة الورنييه على ارتفاع
البارومتر لغاية ١٢ من ميلمتر تقريباً ومثبت
في الجزء السفلي من الغلاف طست ب المحتوي
على الزيت ومن المهم أن تكون
الأنبوبة البارومترية ممتدة المشاهدة رأسية
بالكلية



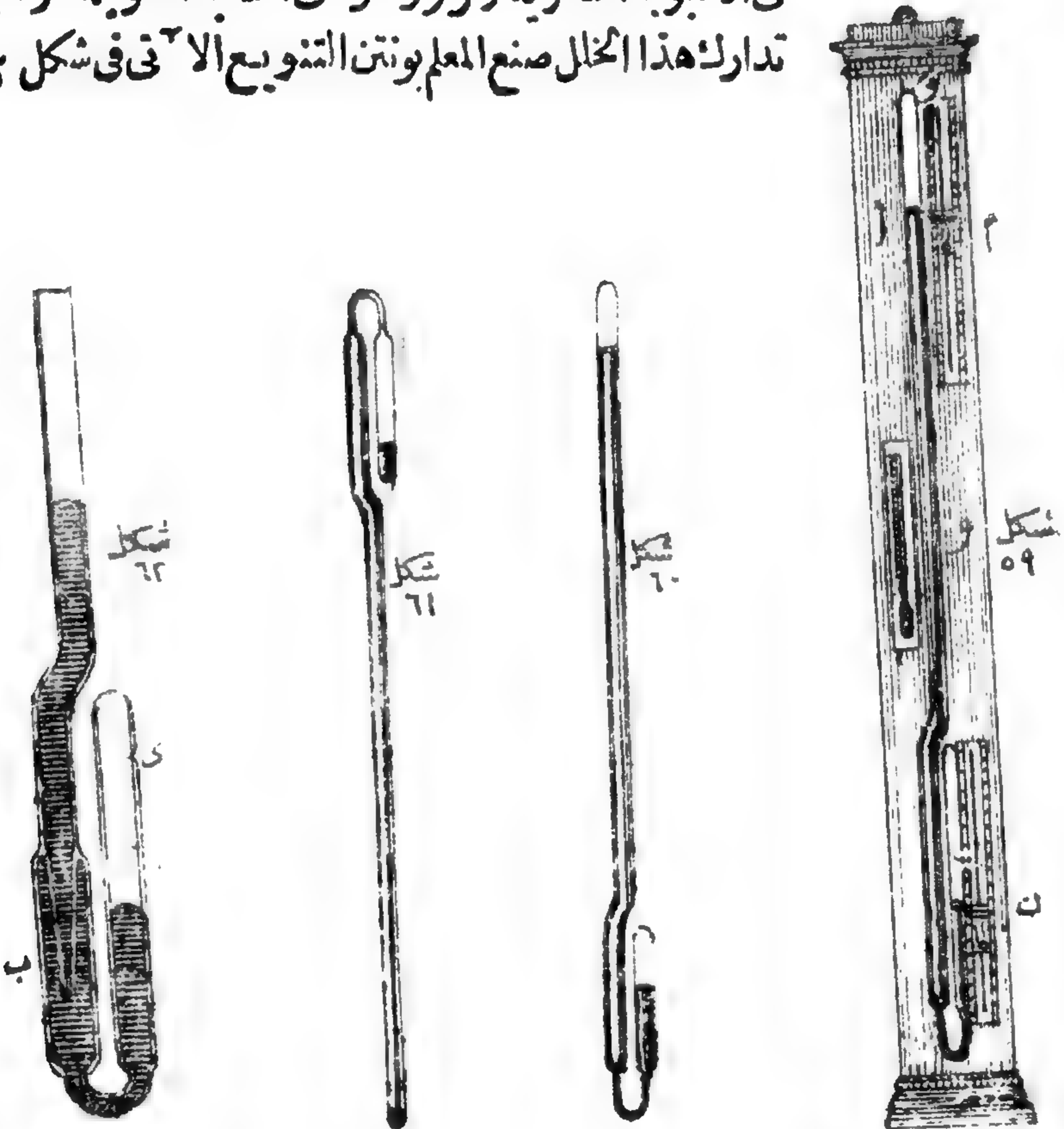
*(المبحث

* (٨٣) *

* (المبحث السابع في البار ومتردى المص المنسوب الى غيلوساك) *
البار ومترذا المص يتركب من أنبوبة من زجاج منحنية الى شعبتين غير متساويتين
أكبرهما المسدودة من قتها تلاءم بالزيبق كافي البار ومتردى الطست وأصغرهما
المفتوحة تقوم مقام الطست وفرق الاستواء في الشعبتين هو ارتفاع البار ومتر
وشكل ٥٩

يوضح البار ومترذا المص الذي نوعه المعلم غيلوساك وهو أنه لاجل سهولة حمل هذه
الآلة في السفر بدون أن يدخل فيها الهواء ضم الشعبتين بأنبوبة شعرية كافي شكل ٦٠
فاذا قلبت الآلة بقيت هذه الأنبوبة ملائمة بالزيبق بالنظر لشعريتها ولا يمكن أن يتقد
الهواء في الشعبة الطويلة كافي شكل ٦١

ومع ذلك يمكن بواسطة صدمة سريعة تجزى الزيبق الذي
في الأنبوبة الشعرية ومرور الهواء في الشعبة الطويلة ولاجل
تدارك هذا الخلل صنع المعلم بونتن التنويع الآتي في شكل ٦٢



الذي تكون فيه الانبوبة الشعرية عوضا عن أن تلحم في الشعبة الطويلة تلحم في أنبوبة ب التي قطرها عظيم وفيها تدخل هذه الشعبة مسحوبة الطرف وبهذا الوضع اذا نفذت كرات من الهواء في الانبوبة الشعرية فلا يمكنها أن تنفذ في الطرف المسحوب للشعبة بل تأتي في الجزء العلوي الغليظ وتمكث فيه كما يظهر من الشكل ومكثها في هذا المحل لا يضربا استعمال الآلة لأن الفراغ موجود دائما في قبة البارومتر وفي بارومتر غيلوساك تكون الشعبة القصيرة مسدودة من طرفها العلوي وليس لها الفتحة

حانية ي بها يحصل تأثير الضغط الجوي

وأما قياس الارتفاع فيؤخذ بواسطة تدريجين صفرهما العام في و جهة وسط الشعبة الطويلة كما في شكل ه ه المتقدم وهما متضادا الاتجاه أحدهما إلى أعلى من و إلى و والاخر إلى أسفل من و إلى ب على مسدوتين من نحاس موازيين الانبوبة البارومترية وقرصا من ذاتا لورنييه يمكنهما الانزلاق على المسطرتين بحيث يبينان عليهما عدد المليمترات وأعشار المليمترات كائنة من و إلى ا ومن و إلى ب ويجمع العددين المتحصلين حينئذ يتحصل الارتفاع الكلي ا ب

(المبحث الثامن في شروط يجب أن يستوفها البارومتر)

يجب في عمل البارومتر أن يختار الزئبق ويفضل على جميع السوائل الاخر أولا لانه بسبب كثافته عنها يأخذ ارتفاعا أقل ثانيا لانه أقل تصاعدا منها ثالثا لانه لا يبل ازجاج

ومن المهم أن يكون الزئبق نقيا بالكلية خاليا عن الاوكسجين والالتصق بالزجاج وصيره كائنا وزيادة على ذلك تتغير كثافته ا كان غير نقي ويكون ارتفاع البارومتر كثيرا الزيادة والنقص

ويلزم في كل بارومتر أن تكون المسافة الفارغة المسماة بالخرقة البارومترية أو فراغ تروشبلي التي توجد في قبة الانبوبة خالية بالكلية عن الهواء وبخار الماء والاختصاص هذان السيلان بالنظر لقوة مرونتهما عود الزئبق ولاجل الحصول على هذه النتيجة يلزم أن يصب أولا في الانبوبة جزء من الزئبق المعدل لها ويسخن الى ان يغلي ويترك بعد ذلك حتى يبرد ثم يصب فيها مقدار جديد من الزئبق ويغلي بالكيفية المذكورة وهكذا الى أن تمتلئ الانبوبة وبهذه الكيفية ينجذب مع بخار الزئبق جميع الهواء والرطوبة الملتصقة بجدران الانبوبة

ويعرف

ويعرف أن البارومتر غال بالكيفية من الهواء والرطوبة متى أميل بلطف وسمع له صوت ناشف ناشئ عن قرع الزبيق فقه الانبوبة فان وجد هواء أو رطوبة في الانبوبة كان الصوت ضعيفا

* (المبحث التاسع في تعديل درجة الحرارة) *

يلزم في جميع المشاهدات المفهولة بالبارومتر ذي الطست أو الممص ملاحظة درجة الحرارة وفي الواقع أنه يتمدد الزبيق أو انقباضه بسبب تغير درجة الحرارة تتغير كثافته ويتغير بالتبعية لذلك ارتفاعه حيث أن هذا الارتفاع يكون على حسب عكس كثافة السائل المنحصر في الانبوبة وعلى ذلك يمكن حصول ارتفاعات متساوية في البارومتر في الضغوط الجوية المختلفة فمن المهم حينئذ في كل مشاهدة ترجيع الارتفاع الى الارتفاع الذي يحصل في درجة حرارة محدودة ثابتة وهذه الدرجة اختيارية وقد اختيرت درجة الجليد الذائب وسنشهد في دراسة الحرارة كيفية فعل هذا التعديل بالحساب ولا جل معرفة درجة حرارة الزبيق في البارومتر بوضع ترمومتر قريب من الانبوبة البارومترية

ويمكن أيضا بحساب بسيط جدا ترجيع ارتفاع البارومتر الى ارتفاعه في الصفر بواسطة جدول التعديل الذي عمل لذلك وهذا الجدول يوجد بقاعة المشاهدات

* (المبحث العاشر في تغير الارتفاع البارومتري) *

متى شوهد البارومتر جلة أيام عرف أن ارتفاعه يتغير في كل محل ولا يس من يوم الى آخر فقط بل في نفس اليوم الواحد أيضا

والفرق المتوسط بين أعظمها ارتفاعا وأقلها ارتفاعا ليس واحدا في جميع المحلات فزيد من خط الاستواء الى القطبين وأعظم تغير خلاف الاحوال النادرة يكون ستة ميليمتر تحت خط الاستواء و ٣٠ تحت مدار السرطان و ٤٥ في فرانسوا في العرض المتوسط و ٦٠ في درجة ٣٥ من القطب والحاصل أن أعظم تغير يحصل يكون في فصل الشتاء

ويسمى ارتفاعا متوسطا يوميا العدد الذي يتحصل من جمع ٢٤ مشاهدة متوالية للبارومتر ساعة بعد ساعة وقسمة المجموع على ٢٤ والارتفاع المتوسط الشهري يتحصل بجمع الارتفاعات المتوسطة اليومية مدة شهر وقسمة على ٣٠ والارتفاع المتوسط السنوي يتحصل بجمع الارتفاعات المتوسطة لكل يوم مدة سنة وقسمة المجموع على

٣٦٥ وتحت خط الاستواء يكون المتوسط السنوي في مستوى البحار ٧٥٨ ر. من المتر ويزداد بالذهاب من خط الاستواء وتصل نهايته فيما بين عرضي ٣٠ و ٤٠ درجة الى ٧٦٣ ر. من المتر وينقص في العروض الاكثر ارتفاعا ولا يكون في باريس الا ٧٥٦٨ ر. م

ويكون المتوسط العام في مستوى البحار ٧٦١ ر. م والمتوسط الشهري يكون أعظم في الشتاء منه في الصيف وهذا ناشئ عن برودة الجو ويميز في البارومتر نوعان من التغيرات الاول التغيرات العارضية التي لا يظهر أدنى انتظام في سيرها وهي تتعلق بالفصول وباتجاه الرياح وبالوضع الجغرافي وهي التي تشاهد بالخصوص في أقاليم فرانسا

الثاني التغيرات اليومية التي تحدث بالدور أي بانتظام في بعض ساعات من النهار ففي خط الاستواء ومدار السرطان لا تظهر التغيرات العارضية لكن تحدث فيهما التغيرات اليومية بانتظام ويمكن استعمال البارومتر فيهما كالساعة فمن الزوال يبتدئ البارومتر في الانخفاض الى الساعة الرابعة وفي هذه الساعة يصل الى نهاية انخفاضه ثم يصعد ثانيا ويصل الى نهاية ارتفاعه نحو الساعة ١٠ من الليل وأخيرا ينخفض ثانيا ويصل الى نهاية انخفاضه نحو الساعة الرابعة من الصباح ويرتفع ثانيا نحو الساعة عشرة

وفي المناطق المعتدلة توجد أيضا تغيرات يومية لكن بعسرا ثباتها فيها عما في خط الاستواء لانها تختلط بالتغيرات العارضية

والظاهر أن الساعات التي تحصل فيها نهاية زيادة أو نقص التغيرات اليومية واحدة في جميع الاقطار مهما كان العرض وتختلف قليلا مع اختلاف الفصول فقط

* (المبحث الحادي عشر في أسباب التغيرات البارومترية) *

من المشاهد أن سير البارومتر يكون في اتجاه مضاو لسير الترمومتر أعني أن بارتفاع الحرارة ينخفض البارومتر وهذا يدل على أن التغيرات البارومترية في محل معين تنشأ عن تمدد أو انقباض الهواء في هذا المحل وبالتبعية من تغير كثافته فإذا كانت حرارة الهواء ثابتة ومنظمة في جميع اتساع الجو فلا يحدث في جهة منه أدنى جريان ويصير الضغط الجوي في الارتفاعات المتساوية واحدا لكن متى سخننت جهة من الجوا أكثر من الجهات المجاورة لها تمدد الهواء وارتفع بالنظر لخفته النوعية وجرى في الجهات العليا

* (٨٧) *

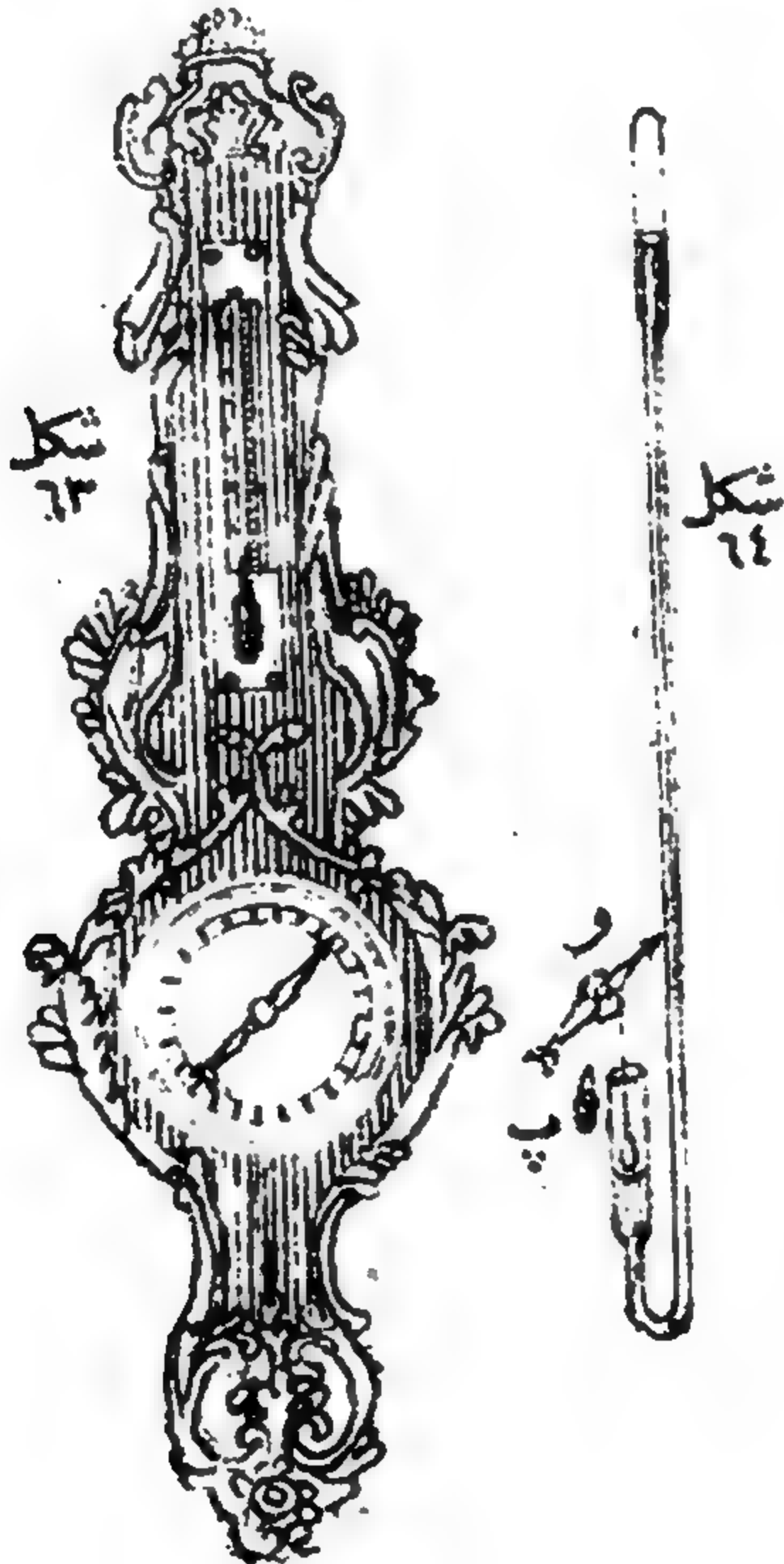
من الجو وينتج من ذلك نقص الضغط وانخفاض البارومتر وفي حال زيادة الضغط وارتفاع البارومتر يكون فيه انتقال كتلة الهواء المعوضة للهواء الممتد ولذا أن الانخفاض الزائد المحذ الذي يحصل عادة على نقطة من الكرة يكون مستعوضا بارتفاع مشابه له على نقطة أخرى

وتغيرات الحرارة لا تؤثر وحدها على ارتفاع البارومتر وسنشهد في دراسة الحوادث الجوية أن من جملة أسباب التغيرات البارومترية يلزم عد اتجاه الرياح وشدها والظاهر أن التغيرات اليومية ناتجة عن التمدد والانقباض الذي يحدث بانتظام في الجو بتأثير حرارة الشمس مدة دوران الأرض

* (المبحث الثاني عشر في البارومتر ذي وجه الساعة) *

البارومتر ذي وجه الساعة ينسب إلى هوك وهو البارومتر ذو المص المعدليان حالة الجو صحو أو متغيرا وسمى بوجه الساعة لأنه يتصل بمينة ساعة يتحرك عليها عقرب طويل كفا في شكل ٦٣

بنفس زيبق الآلة بواسطة التركيب الموضح في شكل ٦٤



وذلك أنه مثبت في محور العقرب بكرة و ملتف عليها خيط حامل في أحد طرفيه وزنة
ب وفي الطرف الثاني وزنة طافية أثقل قليلا من الوزنة الأولى ومحمولة على زبيق الشعبة
القصيرة للانبوبة البارومترية فإذا زاد الضغط الجوي انخفض استواء الزبيق في الشعبة
القصيرة ونزلت معه الطافية وجذبت البكرة والعقرب من اليسار إلى اليمين وتحصل
حركة عكس ذلك متى نقص الضغط لأن الزبيق يرتفع في الشعبة القصيرة ويرفع معه
الطافية وينتج من ذلك وقوف العقرب على الكلمات المختلفة الموضوعة على المنايا بدل
الدرج مثل مطر محو وهكذا متى أخذ البارومتر الارتفاعات الموافقة لها بشرط أن تكون
الألة دائما منتظمة

* (المبحث الثالث عشر في قياس الارتفاعات بالبارومتر) *

حيث أن ضغط الجو يتناقص بمجرد الوصول إلى المنحلات الكثيرة الارتفاع ينتج من ذلك
أن البارومتر ينخفض كثيرا كلما جئ إلى ارتفاع كثير وهذا يسمع لاستعمال هذه
الألة لقياس ارتفاع الجبال فإن بقيت كثافة الهواء واحدة في جميع طبقات الجو
استخرج بحساب بسيط جدا الارتفاع الذي يتوصل إليه من مقدار انخفاض البارومتر
وفي الواقع من حيث أن كثافة الهواء أقل من كثافة الزبيق ١٠٤٦٦ مرة فإن انخفاض
البارومتر واحد ميلا يترتلل ذلك على أن عمود الهواء الذي هو موازن للزبيق نقص
١٠٤٦٦ مرة وكسورا أعنى واحد ميلا يترمضروبا في ١٠٤٦٦ أي ١٠٤٦٦ ر
أمتارا وهو مقدار الارتفاع الذي وصل إليه البارومتر فإذا كان انخفاض الزبيق
اثنين ميلا يتر أو ثلاثة أو أكثر فإنه يستنتج من ذلك أن الارتفاع يصير ١٠٤٦٦ ر
أمتارا مرتين أو ثلاثة أو أكثر لكن حيث أن كثافة طبقات الهواء تنقص كلما زاد صعود
في الجو فلا يوافق هذا الحساب المتقدم إلا الارتفاعات القليلة

وقد أعطى المعلم لا بلاس لقياس ارتفاع الجبال بواسطة البارومتر هذه المعادلة

$$m = 18393 (1 + 0.002837 \cdot r) \left(\frac{t + t_0}{1000} \right)^{0.000194} \log \frac{p_0}{p}$$

وحرف م في هذه المعادلة يدل على المسافة الرأسية الكائنة بين المحلين المبحوث عن
فرق استوائيهما وش تبين ارتفاع البارومتر في الوضع السفلي وش ارتفاعه في الوضع
العلوي وت وت درجتى حرارة الهواء في كل من المشاهدين وع هي العرض

وفي

* (٨٩) *

وفي عرض ٤٥ درجة جتا ٢ ع = صفرا وتصير المعادلة $18292 =$
 $\left(1 + \frac{(2 + \text{ت})^2}{1000}\right) \text{لوغا ش}$ ووضع المعلم بايني هذه المعادلة ت^2 نسبة للارتفاع
الاقل من ١٠٠٠ متروهي م = ١٦٠٠٠ متر $\left(\frac{\text{ش} - \text{ش}}{\text{ش} + \text{ش}}\right) \left(1 + \frac{(2 + \text{ت})^2}{1000}\right)$

التي لا تحتاج لاستعمال اللوغارتمه وقد صنع المعلم أولئمان جداول بحسبها بسهولة
اختلاف الاستوائين لموضعين متى عرف ارتفاعا ش وش للبارومتر في الموضع
السفلي والموضع العلوي وكذا درجتا الحرارة ت وت في نفس الموضعين وتوجد هذه
الجدول في قاعة المتحصلات العملية المتفق عليها

فان كان الارتفاع المراد قياسه ليس عظيما أهكن قياسه بشخص واحد لكن ان كان
عظيما واستدعى زمنا للصعود فيه يمكن تغير الضغط الجوي لزم لقياسه شخصان
وبارومتران جيدا الاتفاق أحدهما يقف أسفل الجبل والثاني يصعد على قمته ثم
في ساعة معلومة يشاهد كل منهما البارومتر بشرط أن يكون اختلاف عمودي الزيق
منسوبا لاختلاف استوائيهما

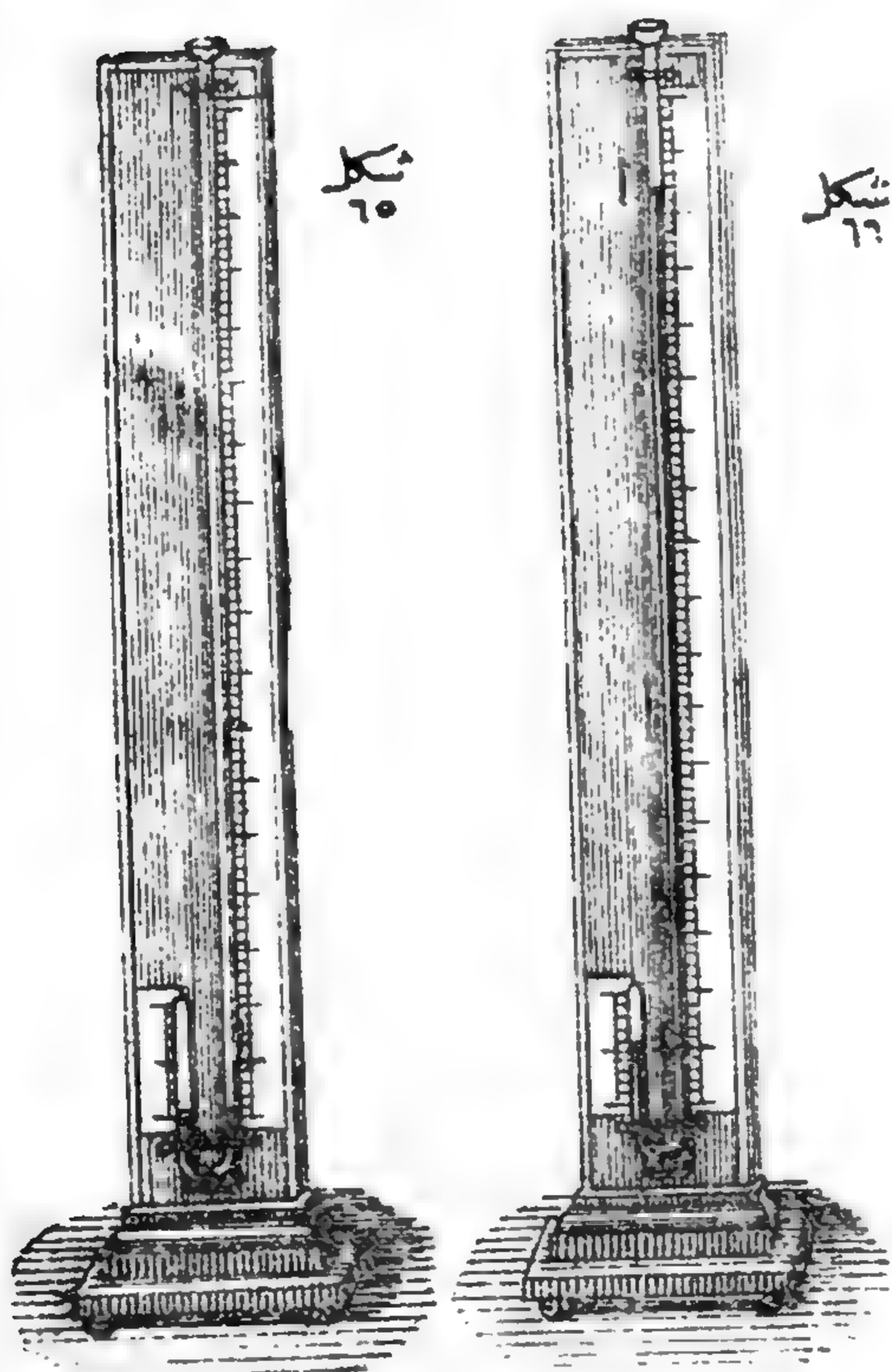
* (الفصل الثاني في قياس قوة مرونة الغازات وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في قانون مريوط) *

مريوط الطبيعي الفرنسي هو أول من وضع القانون الاتي على قابلية انضغاط الغازات
وهو أن حجم الكتلة المعلومة من غاز يكون على حسب عكس الضغط الواقع عليها مع بقاء
الحرارة في درجة واحدة

ويتحقق هذا القانون في الهواء بواسطة الجهاز الاتي المعروف بانبوبة مريوط وهو أن
تثبت رأسيا على لوح من خشب أنبوبة من زجاج منخنية كالمنص شعبتها غير
متساويتين كما في شكل ٦٥

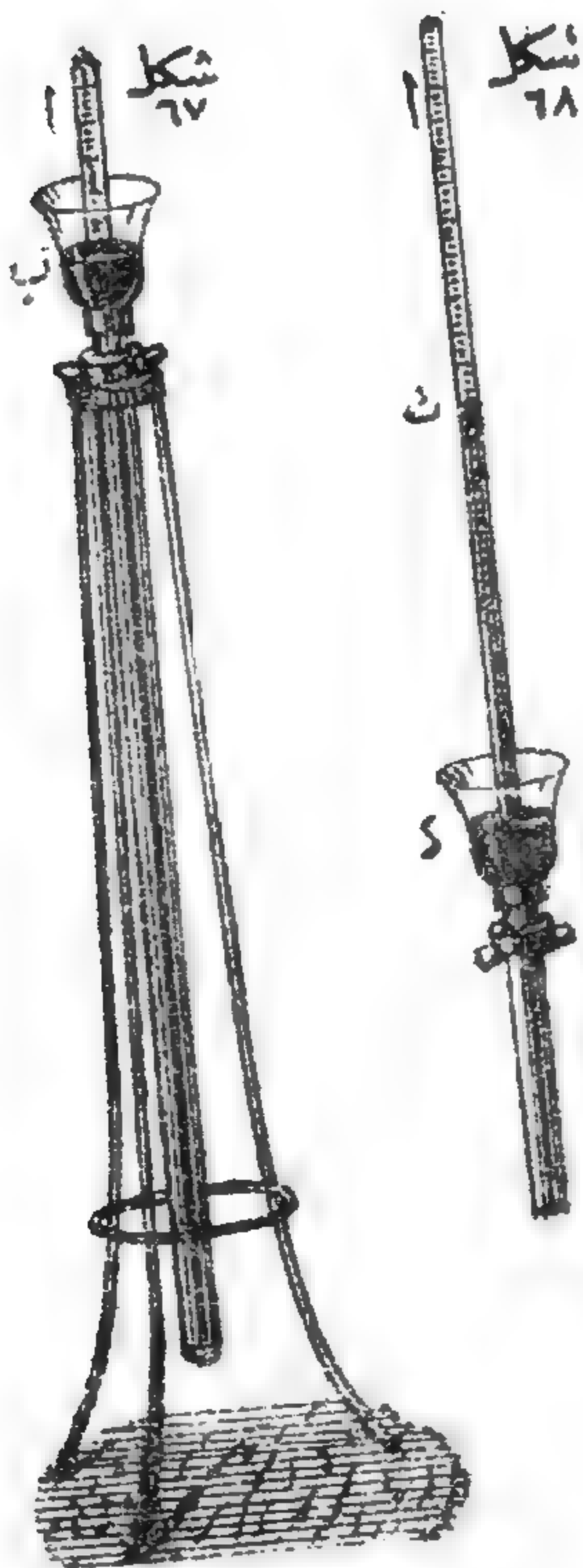
وبطول الشعبة القصيرة المغلقة مسطرة مدرجة يدل تدريجها على تساوى السعة
بخلاف المسطرة الموضوعة بطول الشعبة الطويلة فان درجاتها تدل على الارتفاعات
بالستيمتر ويكون صفرا المسطرتين على خط أفقى واحد
ولا جل عمل التجربة يصب أولا من الزيبق فى الجهاز من قبة الشعبة الطويلة بحيث
ينطبق استواء السائل مع الصفرة فى الشعبتين كما فى الشكل المذكور
ويتحصل هذا بعد فعل بعض تحسيات بها يخرج قليل من هواء الشعبة القصيرة
بحيث يكون الهواء المنحصر فى الشعبة القصيرة معادلا للضغط الجوى الخارج على سطح
زيبق الشعبة الطويلة والا فلا يصير الاستواء واحدا فى الشعبتين ثم يصب من الزيبق
فى الشعبة الطويلة الى أن يرجع حجم الهواء المنحصر فى الشعبة القصيرة الى النصف
بالضغط الناشئ عن الزيبق أعنى أن حجم الهواء الذى كان عشرة يصير خمسة فقط كما
يتضح من شكل ٦٦



فإذا قيس حينئذ فرق الاستواء ثا من الزئبق في الشعبتين يوجد أنه مساو بالضغط لارتفاع البارومتر في الوقت الذي فيه تفعل التجربة وحينئذ فضع ثا ا يساوي ضغط جو واحد وبإضافة الضغط الجوي إليه الواقع على ا قسمة العمود الزئبقي يشاهد أن في الوقت الذي فيه نقص حجم الهواء النصف يكون الضغط ضعف الضغط الذي كان أولا وهذا هو الذي يثبت القانون

فإذا كانت الشعبة الطويلة كثيرة الطول بحيث يمكن أن يصب فيها من الزئبق إلى أن يرجع حجم الهواء الكائن في الشعبة القصيرة إلى ثلث حجمه الأصلي يوجد أن فرق الاستواء في الشعبتين يساوي ارتفاع البارومتر من أعني أنه يساوي لضغط جوين وبإضافة الضغط الواقع مباشرة على سطح الزئبق في الشعبة الطويلة إليه يتحصل ضغط قدر ضغط الجو ثلاث مرات

وبتأثير هذه الثلاثة ضغوط يصير حجم الهواء أقل بثلاث مرات ويتحقق أيضا قانون مربوط في الضغط الأقل من ضغط جو ولا يثبت ذلك إلا بالزئبق أنبوبة مدرجة من زجاج إلى ثلثها تقريبا ويشغل باقيها بالهواء ثم تقرب وتغمر في مخبر عميق مملآن بالزئبق كما في شكل ٦٧



وتنزل الأنبوبة بعد ذلك في المخبر إلى أن يصير استواء الزئبق واحدا داخلها وخارجها ثم يقرأ على الأنبوبة مقدار حجم الهواء المحتوية هي عليه وبعد ذلك ترفع الأنبوبة كما يتضح من الشكل إلى أن يصير حجم الهواء ا ثا بتناقص الضغط ضعف اب شكل ٦٨

* (٩٢) *

قيو جد حينئذ أن الزئبق ارتفع في الأنبوبة وأن ارتفاع ثد الذي وصل إليه هو نصف ارتفاعه في البارومتر مدة التجربة

والهواء الذي ازدوج حجمه أى زاد النصف ليس واقعاً عليه حينئذ إلا نصف ضغط جو لان قوة مرونة الهواء المضافة الى ثقل العمود ثد هى التى توازن ضغط الجو والظاهرى ويكون الحجم حينئذ على حسب عكس الضغط

* (المبحث الثانى فى المانومترات) *

المانومترات آلات معدة لقياس شدة الغازات والابخرة وتميز الى مانومترذى الهواء الخالص والى مانومترذى الهواء المنحصر والى مانومتر معدنى

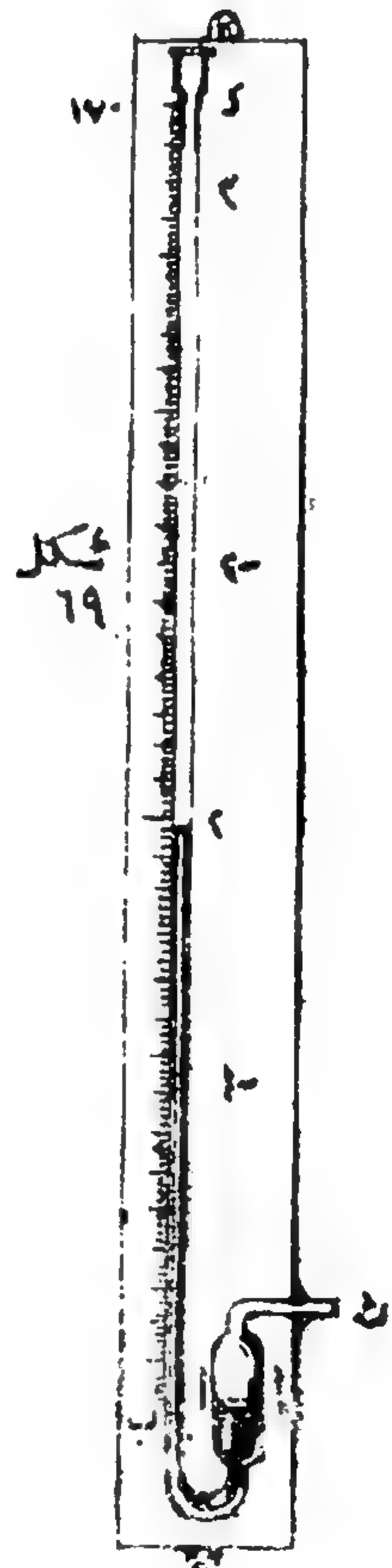
ووحدة القياس المختارة فى هذه المانومترات المختلفة هى ضغط الجو وعند ما يكون البارومتر فى ٧٦ ر. م. وتقدم أن هذا الضغط على السنتيمتر المربع يساوى ثقل ١٠.٣٣

كيلوجراما وحينئذ اذا قبل لغازان شدته تعادل جوين أو ثلاثة فعنى ذلك أن شدته تعادل ثقل عمود من الزئبق ارتفاعه مرتين أو ثلاثة ٧٦ سنتيمترا وأنه يحدث على كل سنتيمتر مربع من الجدران المحتوية عليه ضغطا يعادل ثقل ١٠.٣٣ كيلوجراما مرتين أو ثلاثة والمانومتر ذوالهواء الخالص يتركب من أنبوبة من بلور ب د شكل ٦٩

منحنية وملحومة من جزئها السفلى بحوض ا من بلور أيضا وملحوم فى الجزء العلوى من هذا الحوض أنبوبة ثانية ث متصلة بالاناء المغلق المحتوى على الغاز أو البخار الذى يقصد قياس شدته وحوض ا ملائ بالزئبق والجميع مثبت على لوح من خشب يوضع رأسيا

ولأجل تدرج المانومتر تترك فتحة ث متصلة بهواء الجوى ثم يكتب فى الاستواء الذى يقف فيه الزئبق حينئذ فى أنبوبة البلور رقم واحد وبالذهب من هذه النقطة لاعلى الأنبوبة تكتب من ٧٦ الى ٧٦ سنتيمترا

أرقام



أرقام ٢ ز ٣ ر ٤ ر ٥ ر ٦ التي تدل على تعدد نفث ضغوط الجوّ حيث أن عمود الزئبق الذي هو ٧٦ ر ٠ م يبين ضغط جو واحد ثم أخيراً تقسم المسافات من ١ الى ٢ ومن ٢ الى ٣ وهكذا عشرة أجزاء متساوية تبين لنا أعشار الجوّ فإذا اتصلت أنبوبة ث بعد ذلك بقزان بخار مثلاً صعد الزئبق في أنبوبة بـ لارتفاع يدل على شدة البخار

وفي الشكل يبين المانومتر جوين ميينين بارتفاع ٧٦ ر ٠ م مرة واحدة زائد الضغط الجوّي الواقع على قمة العمود من فتحة د

والمانومتر ذوالهواء الخالص لا يستعمل إلا للضغط الذي لا يتجاوز ضغط الجوّ خمس مرات أو ستة

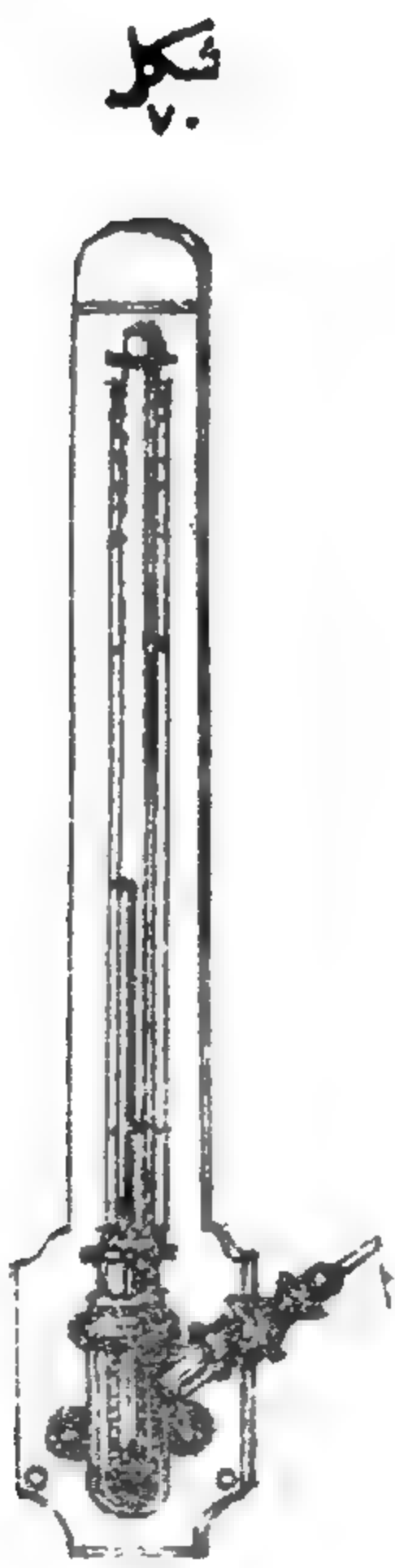
وأما لقياس الضغط الاكثر من ذلك فيجب أن يعطى لأنبوبة بـ طولا تصير به متعينة في العمل فيستعمل لقياسه المانومتر ذوالهواء المنحصر

المانومتر ذوالهواء المنحصر ذكرنا أن قياس الضغط بالمانومتر ذوالهواء الخالص يكون بارتفاع عمود الزئبق الموازن له وأما في المانومتر ذوالهواء المنحصر فيقياس

الضغط بالنقص الذي يحدث في كتلة معلومة من الهواء ولاجل ذلك تكون الأنبوبة التي لم يكن طولها هنا الا من ٦٠ الى ٨٠ سنتيمتراً مغلقة من جزئها العلوي وملائمة بالهواء ومتصلة من جزئها السفلي بحوض مـ لأن بالزئبق لا يمكن حيث ان الآلة تتحمل ضغطاً شديداً فيكون هذا الحوض من الحديد بدل الزجاج وفتحة ا الجانبية شكل ٧٠

توصل المانومتر بالاناء المحتوي على الغاز أو البخار الذي يقصد تعيين شدته وبالمجالة فيوجد في الجزء العلوي من الحوض فتحة تثبت فيها الأنبوبة المانومترية تثبتاً متيناً بالمصطكي بعد غمرها الى قاع الحوض

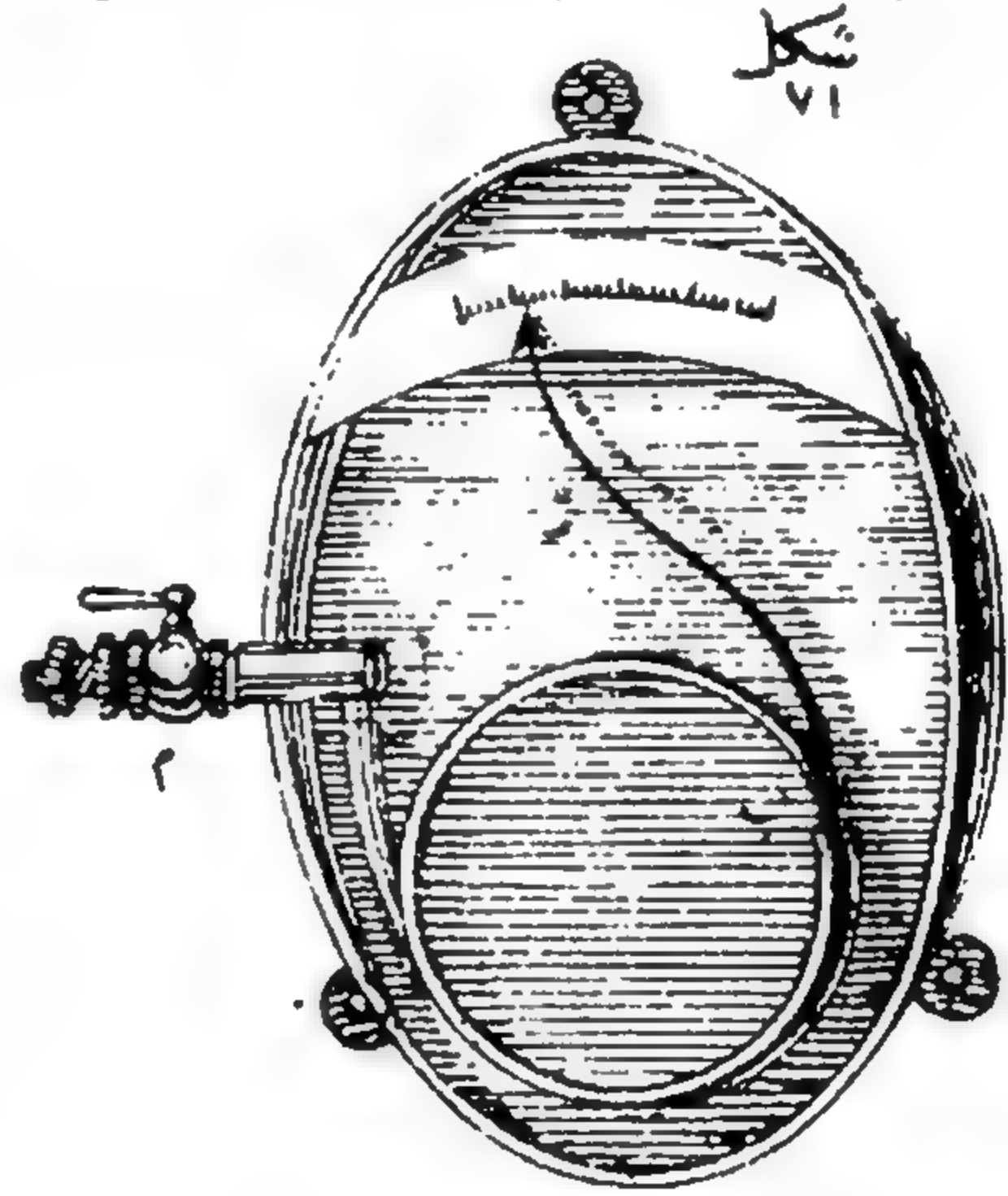
وأما تدريج هذا المانومتر فيحصل بمقابلة سيره بسير المانومتر ذوالهواء الخالص ولاجل ذلك تنظم كمية الهواء في الأنبوبة بشرط أن يكون استواء الزئبق فيها وفي الحوض واحد في ضغط



جو واحد ثم توصّل الآلة وكذا المانومتر ذو الهواء الخالص المعد للقبالة في زمن واحد باناء فيه بضغط الهواء تدريجاً بواسطة ظلمونة كائسبة فيرتفع الزئبق حينئذ في الآلة ثين ومتى أظهر المانومتر ذو الهواء الخالص ضغط جو واحد أو ٢ أو ٣ وهكذا بالتدريج فتكتب نفس الأعداد من ابتداء استواء الزئبق على مسطرة كائسبة بطول الأنبوبة المانومترية فتوجد الآلة حينئذ مدرجة

وأما المانومتر المعد في المنسوب الى بوردون فهو خال عن الزئبق ومؤسس على تغير شكل الانابيب بواسطة الضغط وهو أنه متى لفت أنبوبة سلسلة الجدران أي لينتها مبططة قليلاً على نفسها الفات من جهة قطرها الأصغر فإن الضغط الباطني على الجدران يفرد أي يبسط الأنبوبة والضغط الظاهري بالعكس أعني أنه يقبضها أي يلفها وبمقتضى هذه القاعدة يتركب مانومتر بوردون من أنبوبة من النحاس الأصفر منحنية طولها ٧٠ سم جدرانها رقيقة لينية كما في شكل ٧١

قطاعها المبين بحرف س على يسار الشكل قطع ناقص وقطرها الأعظم ١١ ميليمتر والأصغر ٤ ميليمتر وطرفها المفتوح مثبت في فتحة ذات حنفية م معدة لتوصيل الجهاز بقزان البخار وطرف ب مغلق سائب بكافى الأنبوبة فإذا كانت حنفية م مفتوحة فالضغط الذي يحدث تبعاً لشدة البخار على باطن جدران الأنبوبة



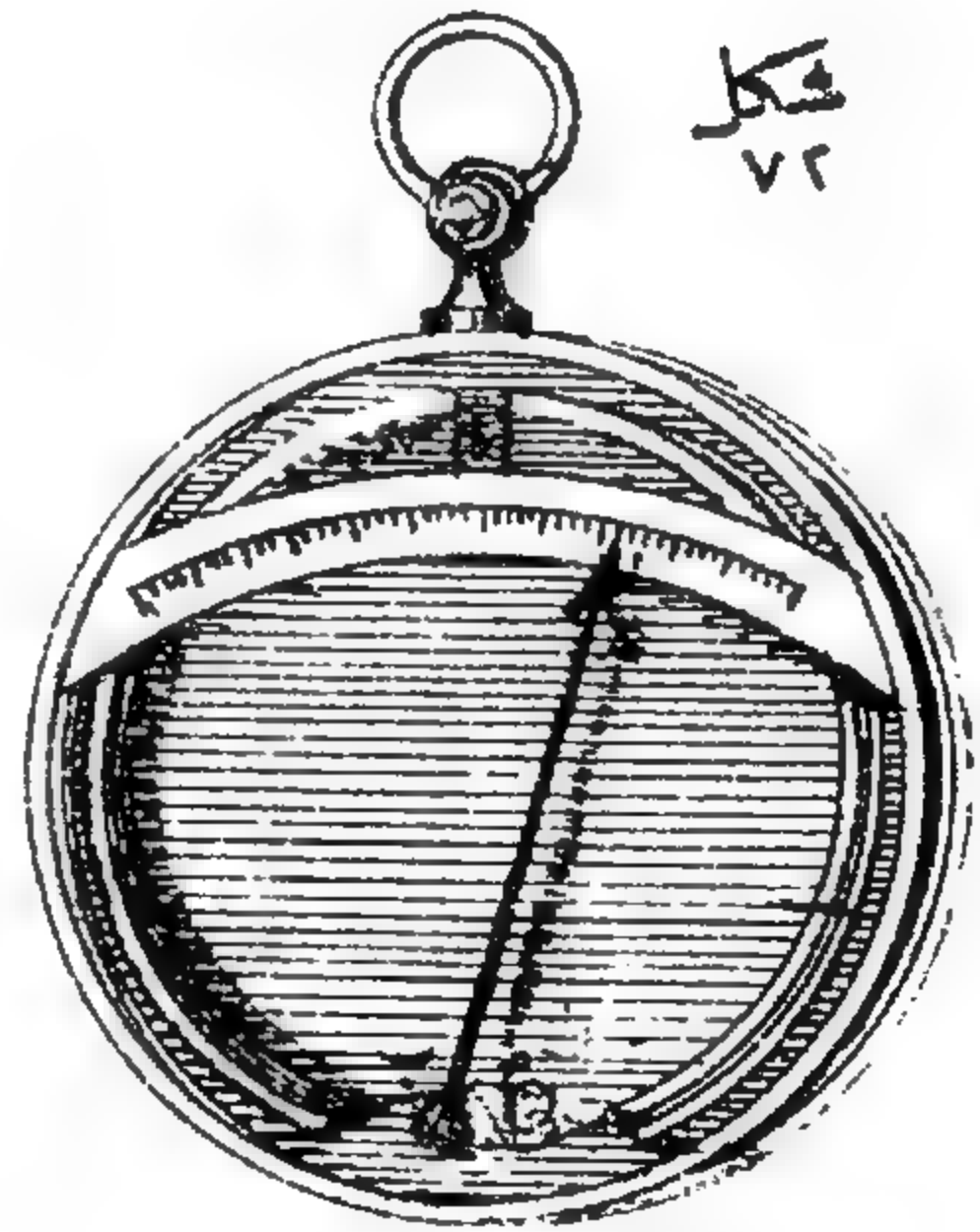
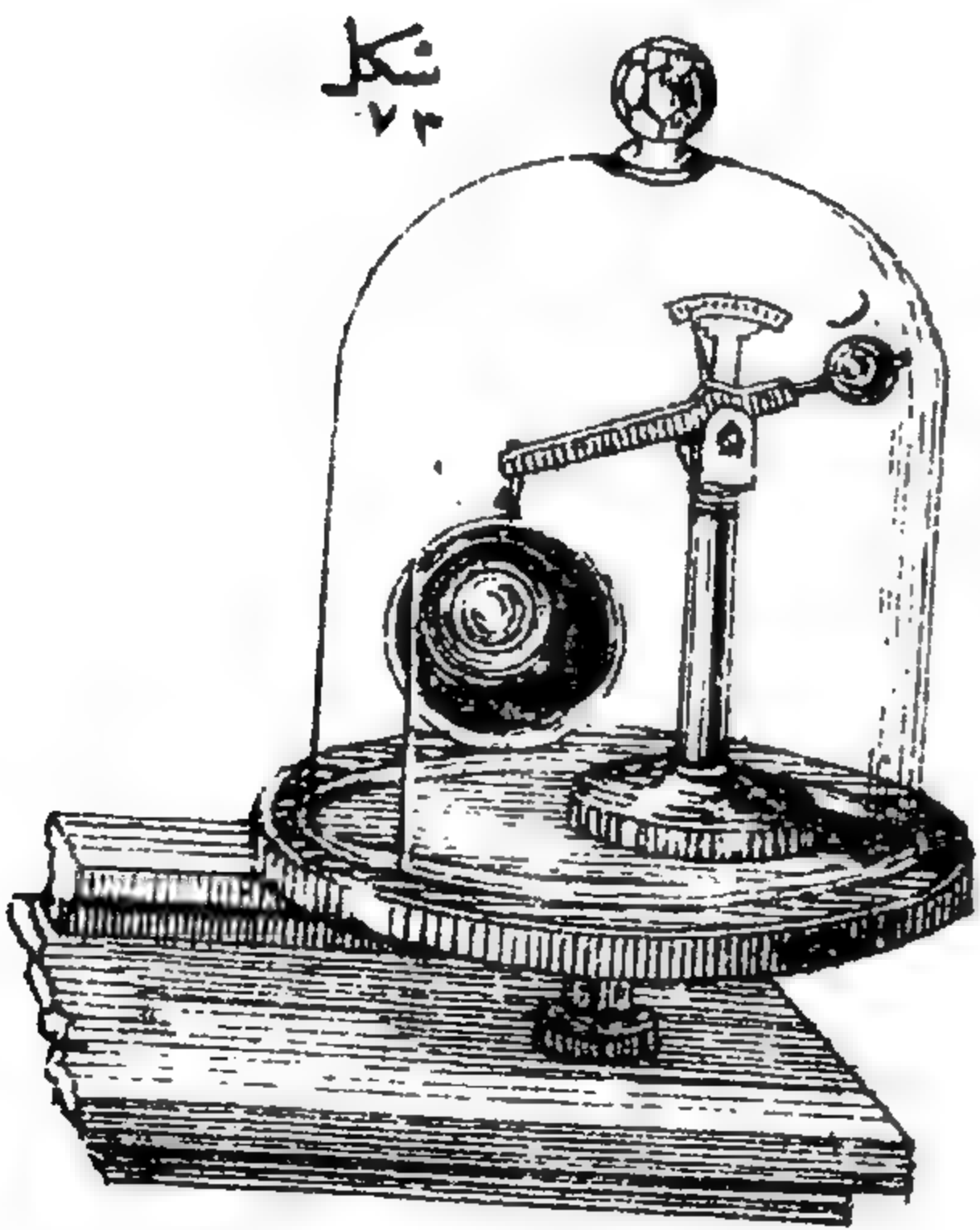
يجعلها تنبسط ويجذب طرف ب حينئذ من اليسار الى اليمين ويجذب معه العقرب الطويل والذي يبين على مينة الساعة شدة البخار مقدرة بضغط من الجو ويدرج وجه الساعة من قبل بمقابله بالمانومتر ذي الهواء الخالص وتسير الجهاز مع الهواء المنحصر

* (المبحث الثالث في البارومتر المعد في المنسوب الى بوردون) *

يتركب هذا الجهاز من أنبوبة مشابهة لأنبوبة المانومتر المتقدم إلا أنها أقصر منها

ومسدودة سدًا محكمًا ومثبتة من وسطها فقط كما في شكل ٧٢
بشرط أن يفعل فيها الفراغ قبل السد فتنقص الضغط الجوي انبساط هذه الأنبوبة
بمقتضى القاعدة المةقدمة واتصلت الحركة بعد ذلك لعقرب بين مقدار الضغط على وجه
ساعة ويحصل انتقال الحركة بواسطة سلكين صغيرين من معدن ب ا يربطان طرفي
الانبوبة برافعة مثبتة في محور العقرب واذا زاد الضغط انقبضت الانبوبة على نفسها
والزنبك الصغير المرفوف ت هو الذي يحرك العقرب حيثئذ من اليسار الى اليمين على
وجه الساعة وهذا البارومتر صغير الحجم جدا كثير الاحساس
(الفصل الثالث في الضغط الواقع على الاجسام المغمورة في الهواء والقياس الطيارة
وفيه مباحث) *

(المبحث الاول في قاعدة أرشميدس المطبقة على الغازات والباراسكوب) *
تقدم في قاعدة بسكال وأرشميدس المطبقة على الغازات أن الدلالات التي أوصلت
لقاعدة أرشميدس على السلاثلات مطبقة كلمة بكامة على الغازات وينتج من ذلك أن
كل جسم غمر في الهواء يفقد جزأ من ثقله مساويا لثقل حجمه من الهواء الذي حل محله ذلك
الجسم ويثبت ذلك بواسطة الباراسكوب وهو جهاز يتركب من عاتق ميزان حامل
في احد طرفيه كتلة صغيرة من الرصاص ب وفي الطرف الثاني كرة مخوفة من النحاس
أ حجمها تقريبا نصف ديسيمتر مكعب كما في شكل ٧٣



* (٩٦) *

فهذان الجسمان يحددان الموازنة في الهواء لكن اذا وضع الجهاز تحت ناقوس الآلة المفرغة يشاهد أن العائق يعمل جهة الكرة الغليظة كما يظهر من الشكل المذكور وهذا يدل حقيقة على أنها تزن أكثر من كتلة الرصاص الصغيرة لأنهما الآن غير متحملين لادنى ضغط وليست آمنقادين الالقوة الثقائل وحينئذ فقد فقدت الكرة في الهواء جزءاً من ثقلها فاذا أريد تحقيق هذا الفقد بواسطة نفس هذا الجهاز بانه مساو لنقل الهواء المنزوى يقاس حجم الكرة ولنفرض أنه يساوى نصف ليتر وحيث أن وزن الحجم المماثل له من الهواء هو ٠.٠٠٦ من جرام فاذا علق في الكتلة الصغيرة ثقل مساو له اختلت حينئذ الموازنة التي كانت حصلت في الهواء لكنها تنتظم في الفراغ وحيث أن قاعدة أرشميدس حقيقة للأجسام المغمورة في الهواء فيمكن أن يقال هنا جميع ما قيل في الأجسام المغمورة في السوائل أعني أنه متى كان الجسم أثقل من الهواء سقط فيه بسبب زيادة ثقله على قوة دفع السائل المرن وإذا كانت كثافته مساوية لكثافة الهواء وازن ثقله قوة دفع الهواء من أسفل إلى أعلى وبقي الجسم سابحاً في الجو وإذا كان الجسم أقل كثافة من الهواء تساطنت قوة الدفع وصعد الجسم في الجو إلى أن يقابل طبقة من الهواء مماثلة له في الكثافة وتكون قوة الصعود حينئذ مساوية لزيادة قوة الدفع على ثقل الجسم وهذا هو سبب صعود الدخان والبخرة والسحب والقباب الطائرة في الجو

* (المبحث الثاني في القباب الطائرة) *

القباب الطائرة هي كرات من منسوج رفيع يمنع نفوذ الهواء وتملأ بهواء مسخن أو بالأيديروحين وتصعد في الجو بسبب خفتها النسبية وينسب اختراعها إلى يوسف منقول غير صانع الورق بمدينة أنوني وأول قبة كانت من القماش مغطاة بالورق وكان محيطها ٣٦ متراً ووزنها ٢٥٠ كيلوجراماً مفتوحة من جزئها السفلى وكانت تملأ بالهواء المسخن بحرق الورق أو الصوف أو القش المبلول بالماء في ظرف كائن تحتها وجميع جنس هذه القباب يسمى منقول غير

وأول من تجاسر على الصعود في القباب التي تصعد بالهواء المسخن وخطر بنفسه المعلم ميلاتر الذي هو من قرية روبر وهو أول مسافر الهواء وبعده بزمن قليل استعوض الطبيعي شارل الهواء المسخن بغاز الأيديروحين بعد تجربة أولية فعلها ونجحت معه وصعد هو وصاحبه روبر في قبة مملأها بهذا الغاز

وأشهر

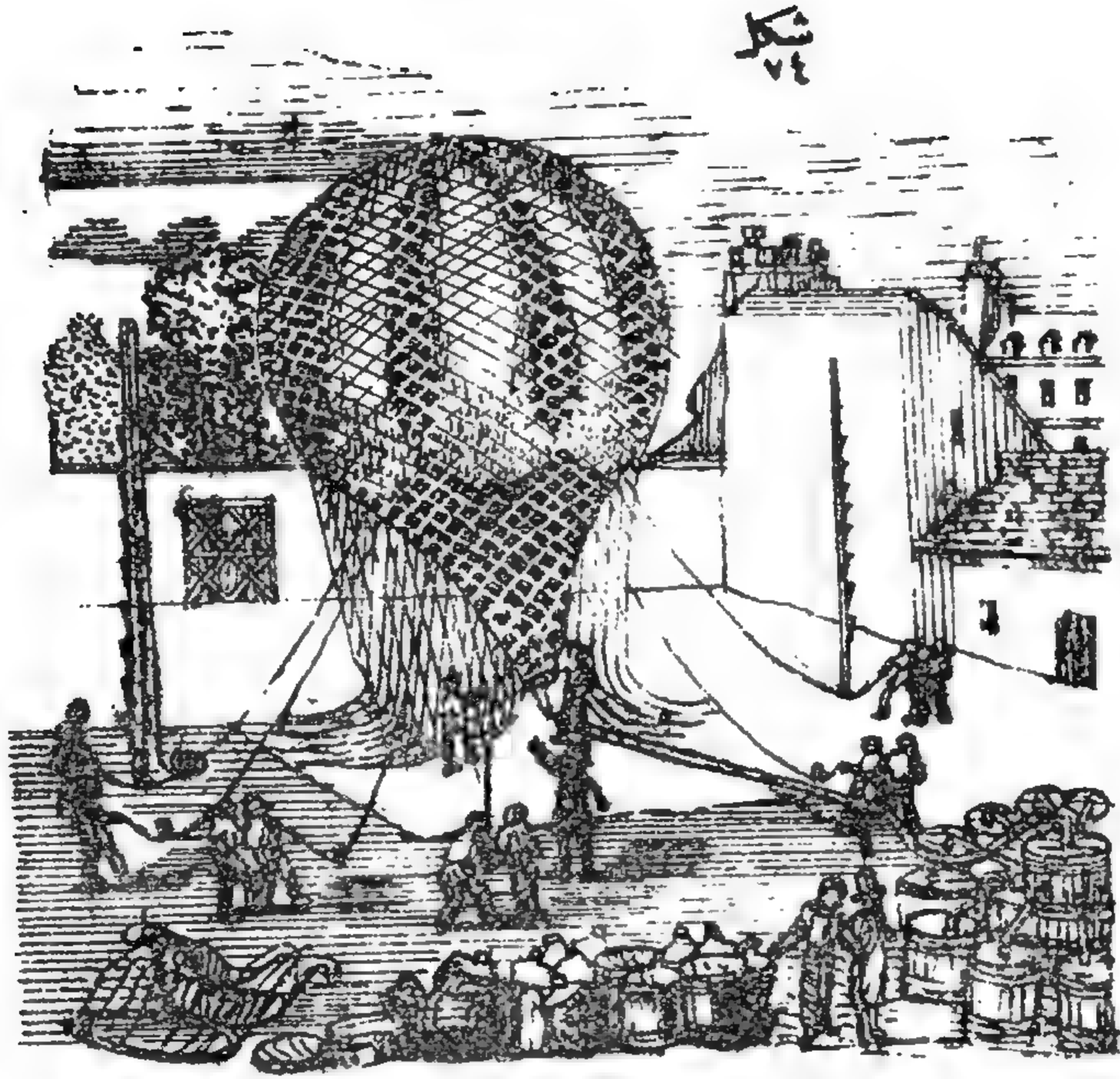
* (٩٧) *

وأشهر الصعودات التي فعلت صعود المعلم غيلوساك سنة ١٨٠٤ بالنظر للفوائد العلمية والارتفاع الذي وصل اليه وقتئذ بلغ ٧٠١٦ متراً على من استوا البحار وفي صعوده هذا انخفض البارومتر الى ٣٢ سنتيمتراً والترمومتر المائني الذي كانت درجته ٣١ + على سطح الارض صارت ٥ ر ٩ - وكانت درجة الجفاف في تلك الجهات المرتفعة كدرجة الجفاف في شربونة الذي فيه تجف وتنكش الاجسام الاجرومترية كالورق ورق الغزال كما اذا عرّضت للحرارة وازدادت حركة التنفس ودورة الدم بسبب شدة تخلخل الهواء وأثبت المعلم غيلوساك أن نبضه اذ ذاك كان يفعل ١٢٠ دقة بدلا عن ٦٦ وشاهد أن السماء اكتسبت لونا أزرق قائما جدا مماثلة الى السواد وهو مدوا عظيما حوالى القبة

وأعجب صعود كان في لوندرة سنة ١٨٦٢ صعود المعلمان كوكسيل وجليزير في ارتفاع ٩٢٠٠ مترا صار الهواء متخلخلا والبرد شديدا حتى أن المعلم جليزير بالخصوص وقع في الضعف ولم يمكنه أن يمسك نفسه ولا ذراعيه ولا رأسه ولا يميز آلاته وفقد التكلم وأما المعلم كوكسيل الذي كان ذا قوة عظيمة فانه أمكنه مشاهدة البارومتر والترمومتر ولما وصات القبة لارتفاع ١٠٤٦٠ مترا نزل الترمومتر الى ٢٧ درجة -

تركيب وملء صعود القبة يتكون غلاف القبة من قطع تفتاتخاط مع بعضها وتطلى بورنيش الصمغ المرن الذي يبدأ عين النسيج فلا ينفذ منه الغاز وفي قبة القبة صمام ينغلق بواسطة زنبرك وينفتح الى الداخل على حسب الارادة بواسطة حبل

ويعلق أسفل القبة زورق خفيف من خشب الصفصاف أو خلافة يمكن جلوس جملة أشخاص فيه ويكون موكا بشبكة من حبال مغلقة للقبة كما في شكل ٧٤



والقبة المعتادة التي يمكنها حمل ثلاثة أشخاص بسهولة يكون ارتفاعها خمسة عشر متراً تقريباً وقطرها أحد عشر متراً وإذا انتفخت بالكيفية كان حجمها قريباً من ٧٠٠ متر مكعب ويزن غلافها ١٠٠ كيلوجرام وتزن الزوائد كالخيال والزورق ٥٠ كيلوجراماً

وتتلاءم القبة أما بغاز الأيدروجين النقي أو بالأيديروجين المكون المستعمل للاستصباح فهو وإن كان أثقل من الأيدروجين استعمل الآن لأنه يتحصل بسهولة وأوفر من الأيدروجين النقي وفي الواقع يكفي توصيله من معمل الغاز إلى القبة بواسطة موصل من هاش مصمغ وشكل ٧٤ المذكور بين قبة تتلاءم بالأيديروجين النقي وعلى يمين الشكل المذكور جملة براميل فيها الأجسام اللازمة لتحضير الأيدروجين وهي برادة الحديد والماء وحمض الكبريتيك ويأتي الغاز من جميع البراميل تحت برميل مركزي مفتوح من أسفل ومغمور في حوض ملآن بالماء وبعد غسل الغاز في هذا الماء يصل إلى القبة بواسطة أنبوبة طويلة من القماش المصمغ مثبتة من أحد طرفيها

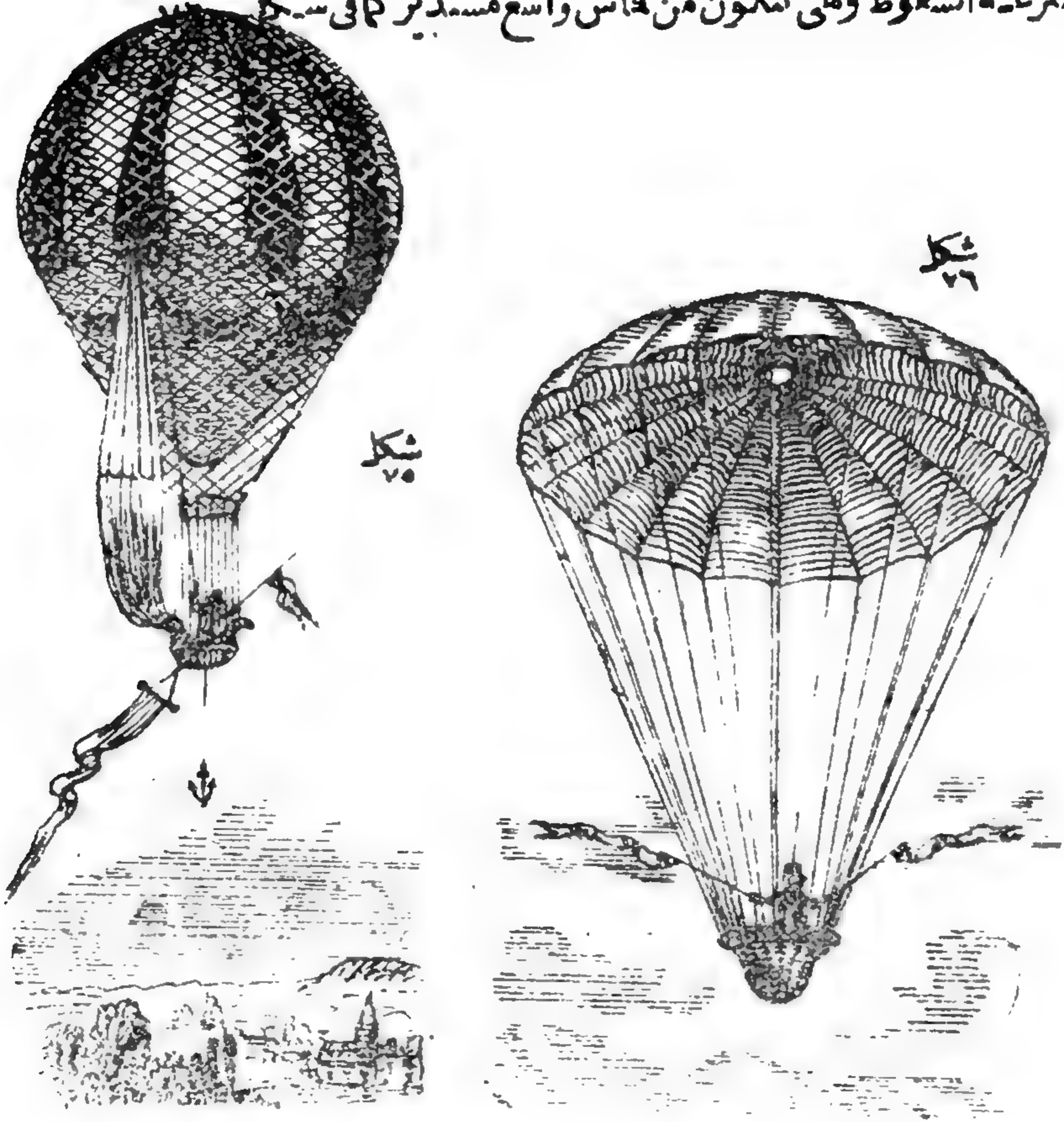
ظرفها في البرميل المركزي وفي القبة بالطرف الثاني ولاجل سهولة دخول الغاز في القبة
ينصب قائمان من الخشب على قمة كل منهما بكرة يلف عليها حبل يمر في حلقة مثبتة
في دائر الصمام وبهذه الكيفية ترفع القبة ابتداء عن الارض مقدار متر تقريباً ثم يوصل
لها الغاز وكلما امتلأ منها جزء ترفع لاهي شيئاً فشيئاً مع الانتباه لفرد هاو كذا الى أن تمتلئ
لكن يلزم حينئذ مقاومة قوة صعودها بان تمسكها أشخاص بواسطة حبال مثبتة
في الشبكة وحينئذ تزال الانبوبة المستعملة لتوصيل الغاز ويربط الزورق بالحبال
ثم يجلس المسافر في الزورق وتخلي الحبال فتصعد القبة بسرعة عظيمة كلما كانت خفيفة
بالنسبة للهواء الذي تحمل محله

ومن المهم عدم ملء القبة بالسكينة لانه يتناقص الضغط الجوي بمجرد الارتفاع يتمدد
الغاز الذي في القبة بالنظر لقوة مرونته فيمزقها

ويكفي أن تكون قوة الصعود أعني زيادة ثقل الهواء المنزوي على الثقل الكلي للجهاز
من ٤ الى ٥ كيلوجرام وتبقى هذه القوة ثابتة مادامت القبة لا تنتفخ بالسكينة يتمدد
الغاز الباطني وفي الواقع اذا نقص الضغط الجوي مرتين مثلاً ازدوج حجم غاز القبة
بمقتضى قاعدة مريوط وينتج من ذلك أن حجم الهواء المنزوي يصير أكبر بمرتين ويتبع
ذلك نقص كثافته مرتين وحينئذ فلا يتغير ثقله ولا قوة الدفع من أسفل الى أعلى لكن متى
انتفخت القبة بالسكينة وهي مستمرة على الارتفاع نقصت قوة الصعود لان حجم الهواء
المنزوي باق بذاته وانما نقصت كثافته ويأتي حينئذ من فيه تكون قوة الدفع
مساوية لثقل القبة وبناء على ذلك فلا تتبع القبة حينئذ الا الاتجاه الافقي على حسب
اتجاه تيار الهواء المتسلطن في الجو

ويعرف مسافر الهواء الصعود والهبوط بواسطة انخفاض عمود زيق البارومتر في الحالة
الاولى وارتفاعه في الحالة الثانية وكذا بواسطة الوضع الذي تأخذه الراية الطويلة
المتينة في الزورق أسفل أو أعلى الزورق كما في شكل ٧٥

ومتى أراد المسافر النزول جذب الحمل الذي يفتح الصمام الكاش في الجزء العلوي من القبة فيختلط الايدروجين حينئذ بالهواء الخارجى فتنزل القبة ولاجل تأخير النزول ان كان سريعا ولاجل الصعود ثانيا ان كان النزول في محل خطر يفرغ المسافر الاكياس القماش الملائنة بالرمل التي كان أخذ منها كمية كافية وحينئذ تنخفض القبة وترتفع ثانيا لتنزل بعد ذلك في المحل الموافق مانعة السقوط فائدتها ان تسمح لمسافر الهواة في ترك القبة وتعطيه الواسطة في تأخير سرعة السقوط وهي تتكون من قماش واسع مستدير كافي شكل



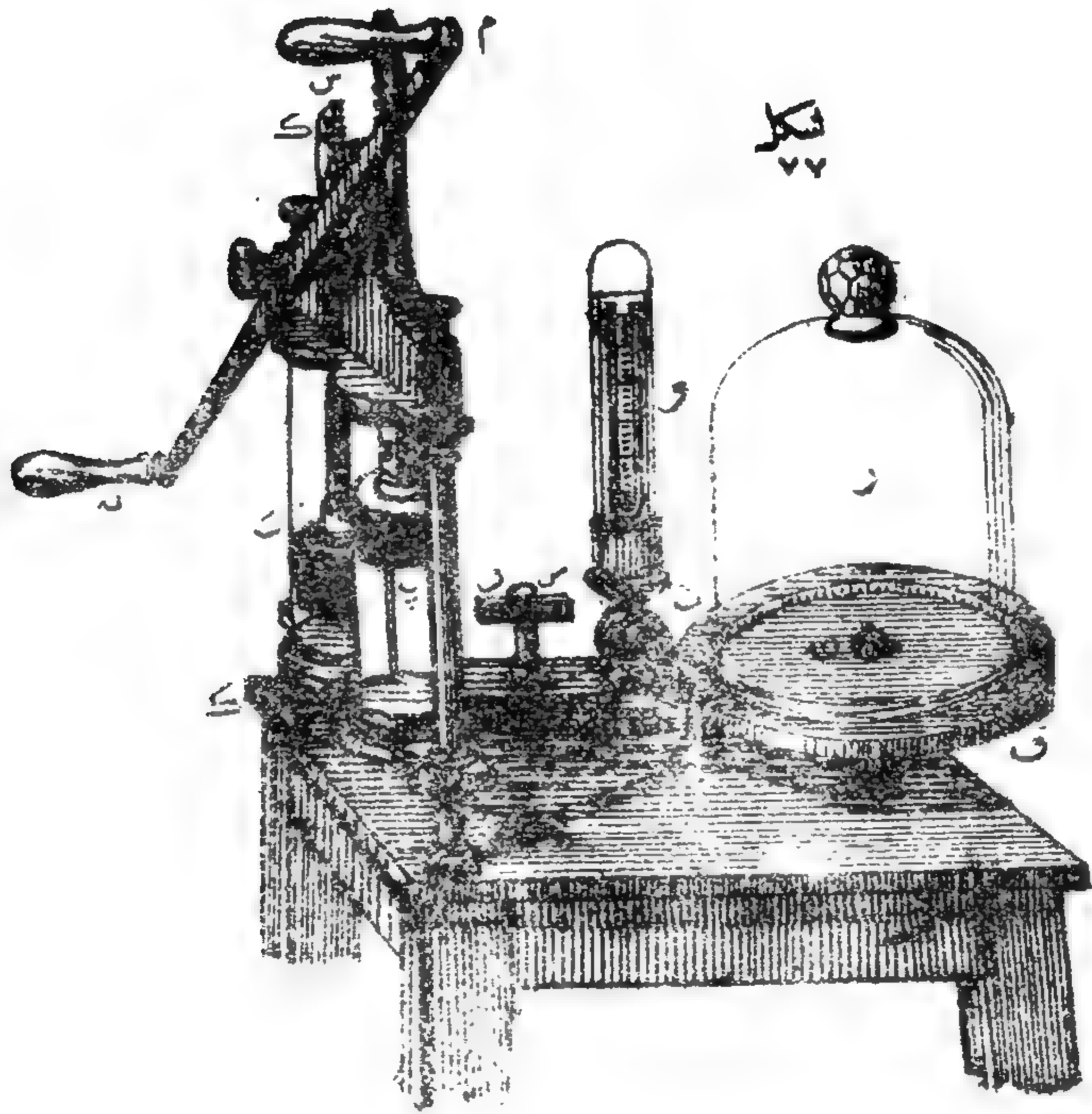
قطرها خمسة أمتار تقرىبا تنبسط على شكل مظلة بواسطة مقاومة الهواء لما فلا تنسقط الا ببطء ومثبت في جوانبها حبال ماسكة الزورق الجالس فيه المسافر وفي وسطها فتحة يصعد منها الهواء المنضغط بتأثير النزول وبدون هذه الفتحة تحدث اهتزازات تصل الى الزورق

* (١٠١) *

الزورق يمكن أن يحصل منها ضرر وفي شكل ٧٥ يشاهد على جانب القبة مانعة سقوط مطوية ومربوطة في الشبكة بواسطة حبل مار على بكرة ومثبت في الزورق ويكفي تخليته هذا الحبل لكي تترك مانعة السقوط القبة

* (المبحث الثالث في الآلة المفرغة) *

الآلة المفرغة جهاز يستعمل لعمل الفراغ في مسافة محدودة أوفي الحقيقة لتخلخل الهواء لانه لا يمكنها أن تعطي الفراغ التام والمخترع لهذه الآلة المعلم اتود وغريك سنة ١٦٥٠ وكانت بجسم طلونية واحدة والمعلم هافكب الانكليزي هو أول من استعمل جسمي طلونية وجعل تشغيل الآلة المفرغة حينئذ أسرع وأقل تعباً وشكل ٧٧

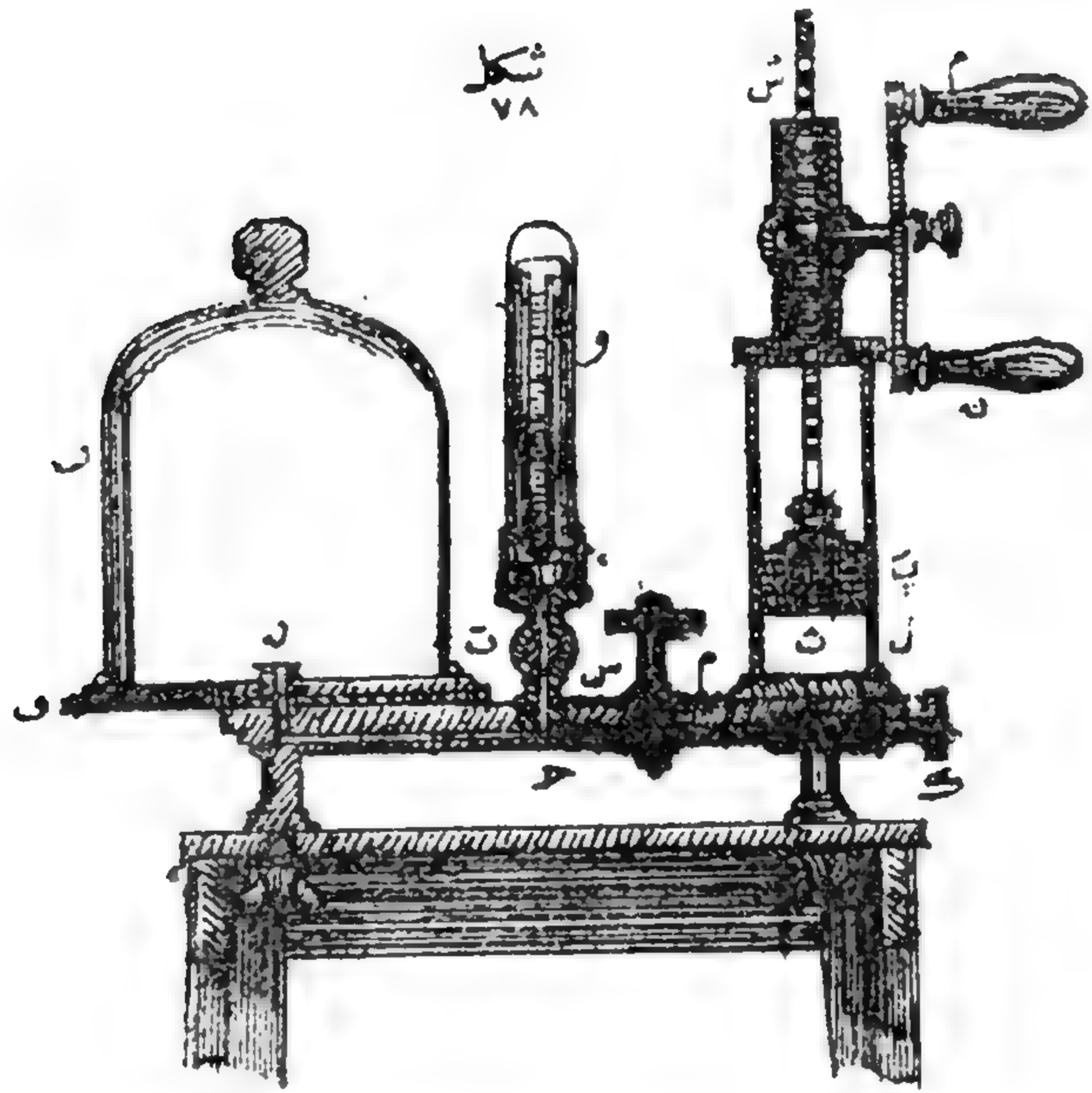


يعطى منظورا آلة مفرغة ذات جسمي طلونية تخالف التي شرحناها في الطبعة السابقة بترتيب الخنفيات وازدواج تقريب الهواء وشكل ٧٨ الى شكل ٨٤ بينها

* (١٠٢) *

مفصلة ومقطوعة على حسب أسطح مختلفة والقطع نفسها مبيّنة في جميع الأشكال بحروف واحدة

وتتركب الآلة من سطح ثخين من النحاس الأصفر فجل شكل ٧٨



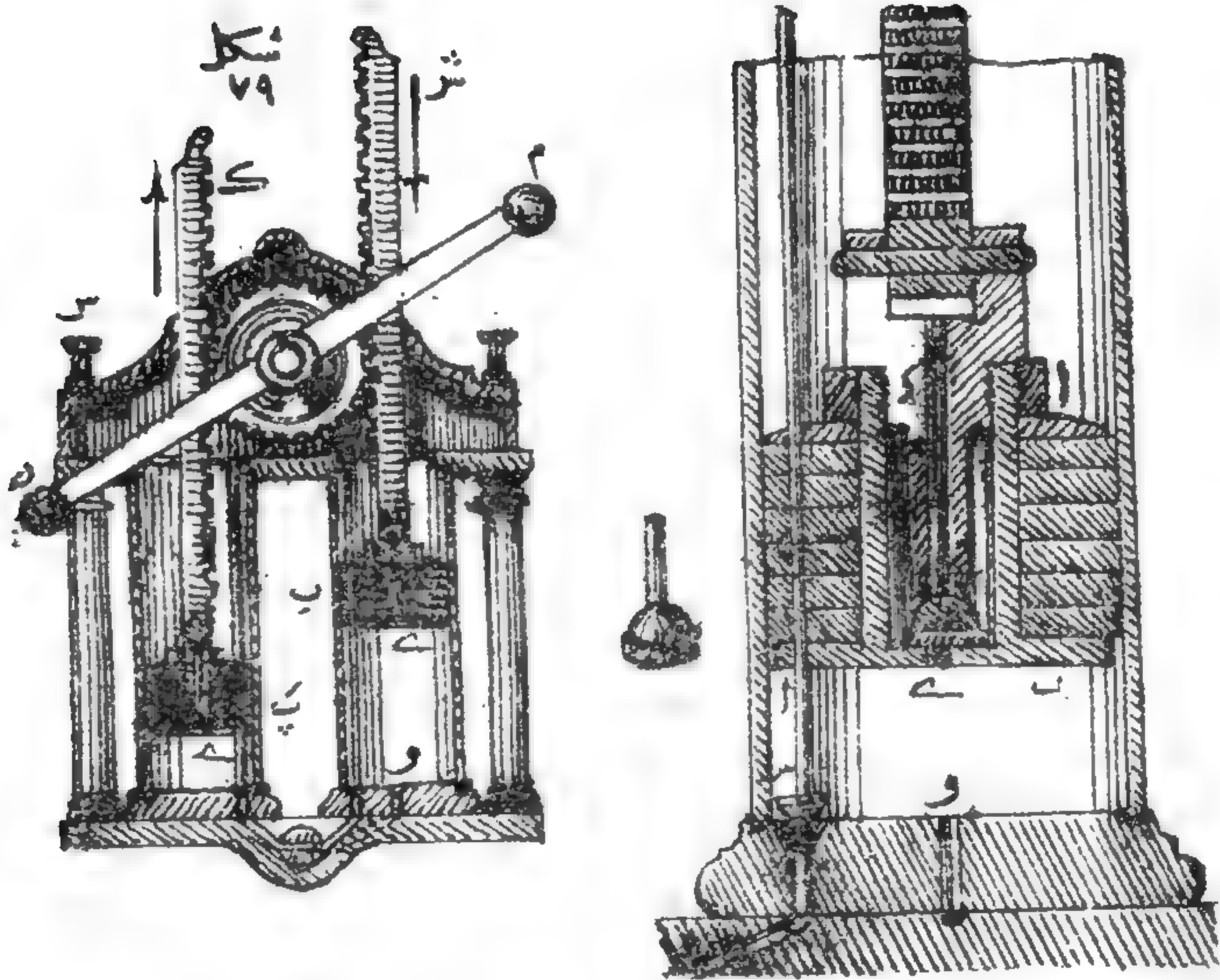
مثبت أفقياً على تحته ومثبت في أحد طرفيه تثبيتاً قوياً بالمصطكي أسطوانتان من بلور داخلهما مكبسان من جلد ب ب وهاتان الأسطوانتان هما جسم الطلونية وينتهي السطح من طرفه الآخر بلوح ل مثبت عليه بالمصطكي قرص من زجاج غير مصقول وعلى هذا القرص يوضع ناقوس ر المراد عمل الفراغ فيه وفي مركز اللوح فتحة ن ذات ارتفاع به حلزون برة يوفق عليه على حسب الإرادة كرة من زجاج ذات حنفية أو مثانة أو أي أناء آخر يقصد عمل الفراغ فيه ويحصل الاتصال بين الناقوس والطلونية بواسطة قناة ن ت المصنوعة في السطح النحاس كما يوضحه شكل ٧٨ المتقدم الذي هو قطاع طولى للآلة ويوصلها إلى جسم الطلونية تتفرع فرعين أحدهما واصل إلى ت والآخر إلى د كما سيأتي في شكل ٨١

وشكل

وشكل ٧٩

الذي بين الآلة مقطوعة رأسياً على حسب محوري الاسطوانتين بين التشغيل الذي به تصل الحركة للكبس على التوالي وهذان المكبران مثبتت فيهما قضبان ذوات أضراس ك ش تتعشق فيها أضراس عجلة صغيرة س و بتحريك هذه العجلة على التوالي في اتجاه مضاد بواسطة مقبض م ن يصعد أحد القضيبين وينزل الآخر ومعهما المكبران وشكل ٨٠

شكل
٨٠



بين أحد المكسين مقطوعاً رأسياً ويتركب من قرصين من النحاس الأصفر أ ب بينهما أقراص من جلد مضغوطة جداً بالقرصين بواسطة برمة كابسة وقطر الأقراص التجلداً كبير قليلاً من قطر قرصي النحاس ومتشعبة لزيت أرجل البقر وتتلاق بقوة بين جدران جسم الطلونية سادة له بالتحكيم ومثبت في مركز القرص بواسطة برمة قطعة مثبت عليها بواسطة مسمار القضيب ذوات الأضراس الذي يحرك المكبس وقطعة هـ هذه مثقوبة في جميع طولها بقناة معدة لمرور الهواء من أسفل جسم الطلونية لآعلى المكبس ومنه إلى الهواء الجوي حيث أن جسم الطلونية ليس مغلقاً من جزئه العلوي

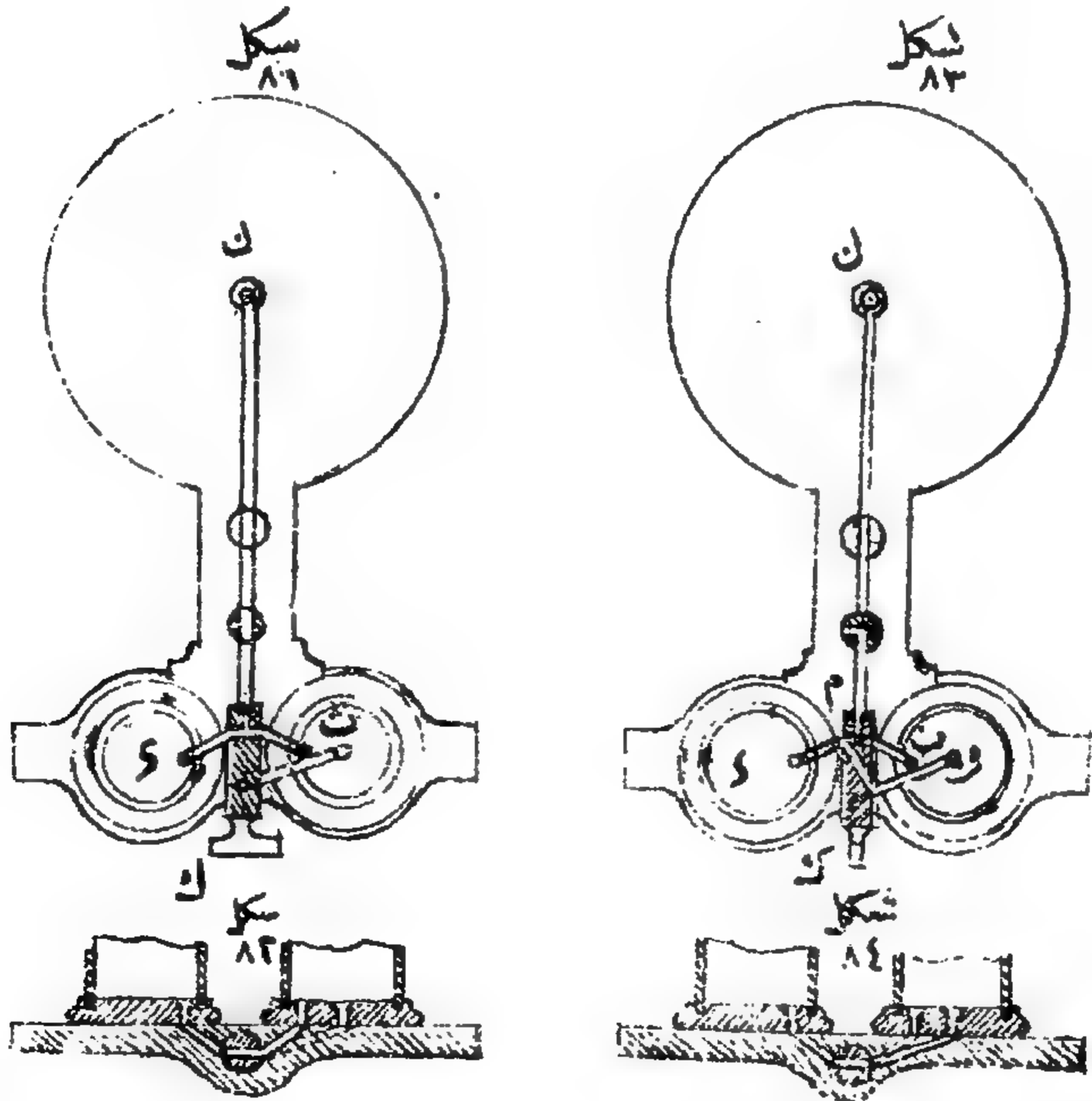
وبالجملة فانه يوجد في مركز القرص ب ثقب ي مغلقا بصمام ز الذي ينفث من أسفل الى أعلى ومثبت في هذا الصمام ساق و الذي يتحرك حركة خالصة في قناة قطعة و وفائدة هذا التوضيب منع الصمام من الانقلاب عند رفعه وفي أسفل الصمام قرص من خشب الفلين ينطبق على ثقب ي ويسده

ويوجد خلاف صمام ز الموضوع في المكبس صمام آخر قفي الشكل يغلق في قاعدة جسم الطلونية فتحة ث لقناة ث ن الموصلة للناقوس كما في شكل ٧٨ وهذا الصمام مثبت في الطرف السفلي للساق الحديد كما في شكل ٨٠ المتقدم الذي يرتبط طول المكبس ويمتد الى قمة جسم الطلونية وهذا الساق ينزلق بقوة في الاقراص المجلد وينتج من ذلك أنه متى نزل المكبس جذب معه الساق الحديد وغلق صمام س الفتحة واذا ارتفع المكبس رفع معه الساق والصمام لكن ارتفاعا قليلا جدا لانه بسبب طوله يمنع السطح العلوي لجسم الطلونية عن الارتفاع وحينئذ ينزلق في المكبس ويرتفع المكبس وحده

ولاجل تميم شرح الآلة المفرغة نوضح استعمال الثلاث حنفيات ت س ك الموضوعه على هذه الآلة كما في شكل ٧٧ و ٧٨ فحنفية ت تستعمل لتوصيل الناقوس بخيار وبواسطة مجرى ث ن كما يشاهد في شكل ٧٨ وأما حنفية س فتستعمل لتنظيم أو قطع الاتصال بين الناقوس وجسم الطلونية بواسطة المجرى المذكورة وعند عمل الفراغ يلزم ان تكون حنفية س مفتوحة كما في شكل ٧٨ و ٨١ وحينئذ يجذب الهواء من الناقوس لكن متى فعل الفراغ في الناقوس تغلق حنفية س حيث ان الهواء يميل دائما للدخول فيه بواسطة جسم الطلونية وحينئذ فلا يمكن دخول الهواء في الناقوس الا من بين حافته والسطح المرتكز عليه ولذلك يلزم أن تكون حافة الناقوس متساوية محررة بالضبط لتحصل الملامسة الكلية لكن لا يكفي ذلك بل يلزم أيضا دهن حافة الناقوس بالشحم قبل وضعه على السطح وحنفية س هذه تكون مثقوبة في اتجاه محورها بقناة تغلق بالتحكم بواسطة سدادة معدنية وفي عمل الفراغ في الناقوس وأريد ادخال الهواء فيه يكفي رفع السدادة و أما الحنفية الثالثة ك الموضوعه بين جسم الطلونية فهي معدة لما يسمى بازدواج تقريب الهواء الذي سنشرحه فيما بعد

ومتى عرفت القطع المختلفة لآلة سهلت كيفية تشغيلها وليكن أولاً المكبس بـ
 كما في شكل ٧٩ المذكور في أسفل حركته فعند ابتداء تحرك المقبض يرتفع هذا
 المكبس جاذباً معه ساق او صمام س بخلاف صمام ز فانه يبقى ساداً مفتحة ي بشقله
 الخاص وثقل الهواء المحوى فان بقي صمام س مغلقاً مدة صعود المكبس حصل الفراغ
 أسفل المكبس فقط لكن حيث ان الاتصال بين جسم الطلونية والناقوس حاصل
 بواسطة صمام س فانه يترجم من هواء الناقوس في جسم الطلونية ويملؤه متى وصل
 المكبس لاهل حركته واذا انخفض المكبس غلق صمام س الفتحة بنزول ساقه
 ولا يمكن رجوع الهواء الذي تحت المكبس الى الناقوس ثانياً وبانضغاطه شيئاً فشيئاً
 بنزول المكبس يكتسب حالاً قوة أكثر من الضغط المؤثر على صمام ز فينبثق حينئذ
 ويتصاعد منه الهواء الذي تحت المكبس في المحو من قناة و يصعد المكبس مرة
 ثانية تتجدد الظواهر بعينها وهكذا الى التوالى في جسم الطلونية الى أن يصل الى حد
 يمنع فيه فتح صمام المكبس ولو كان يصل لاسفل حركته وان كان باقياً في الناقوس هواء
 أيضاً وفي الواقع أنه مهما كان ضبط الآلة المفرغة وتحريك المكابس فلا بد من أن
 توجد أسفل الصمام وخوالياً القرص السفلى للمكبس مسافة فيها كمية قليلة من الهواء
 ومتى زاد تخلخل الهواء كثيراً فانه يأتي زمن فيه ينطبق المكبس على قاع جسم الطلونية
 ولا يكتسب الهواء المنحصر في المسافة الكائنة تحت المكبس شدة كافية لرفع الصمام
 ومن ابتداء هذا الزمن لا تتم الآلة وظيفتها أي يبطل شغلها لكن سنشرح تنظيم حنفية
 ازدواج التفريغ التي بها تحصل زيادة الفراغ بدون أن تعطى فراغاً تاماً
 والمحاصل أن هذان الس عملان فقط بل نظرياً أيضاً لان الآلة المفرغة لا يمكنها أن تحدث
 فراغاً مطلقاً أي تاماً لانه اذا كان حجم كل من جسم الطلونية ليتراوا حداً ما لا وحجم
 المستودع والقناة ٢٠ ليترا فانه يستخرج في كل دقة لم فقط من كثلة الهواء الكائن
 في المستودع والقناة وحينئذ فلا يمكن اخراج جميع الهواء المحتوى عليه المستودع ويظهر
 بالحساب أنه يلزم دقات عديدة غير متناهية لاستخراج جميع هواء المستودع
 الخبار أو البارومتر متى اشتغلت الآلة المفرغة زمناً يسيراً فان قوة مرونة الهواء
 الباقي في المستودع تقاس باختلاف الاستواء الذي يأخذه الزيبق في شعبي
 الانبوبة المنحنية على هيئة المص المدودة أحد الطرفين ومفتوحة الطرف الآخر
 كما في البارومتر وسميت هذه الآلة الصغيرة بخباراً أو بارومتراً ابتداءً لانها في الحقيقة

بارومتر ذو المص ارتفاعه أقل من ٧٦ ر. م مثبتة على مسطرة مقسمة بميليمترات وموضوعة تحت الخبار وكافي شكل ٧٧ المتقدم المتصل بالمستودع بواسطة حنفية ت والشعبة المسدودة والجزء المنحني من الأنبوبة مملوآن بالزئبق من قبل وقبل است فراغ الهواء من المستودع تكون قوة مرونته موازنة لثقل عمود الزئبق الذي في الشعبة المغلقة فتبقى ملائمة بالزئبق لكن بمجرد تخليخ الهواء بتشغيل المكبس ينقص قوة مرونة الهواء فلا يمكنه أن يوازن ثقل عمود الزئبق فينخفض الزئبق حينئذ ويميل لأخذ الاستواء في الشعبتين فإذا حصل الفراغ التام انتظم استواء الزئبق في الشعبتين بالضبط لانه لا يوجد ضغط في ككل من الشعبتين الا أنه بالآلة الجديدة يبقى الاستواء دائماً مرتفعاً في الشعبة المغلقة بمقدار نصف ميليمتر أقل ما يكون وهذا يدل على أن الفراغ غير تام لانه باق أيضاً كمية من الهواء توازن شدتها عموداً من الزئبق مقداره نصف ميليمتر ويقال حينئذ فعل الفراغ الى نصف ميليمتر أي الباقي في المستودع حنفية ازدواج الاستفراغ سمي هكذا حنفية ك الموضوع بين جسمي الطلونية كافي شكل ٧٧ و ٧٨ و ٨١ الى شكل ٨٤



لان بها يزداد تخلخل الهواء لاعلى درجة وهذه الحنفية موضوعة في محل تفرع المجرى
التي توصل الهواء من المستودع لجسم الطلونية ومثقوب في كتلتها جلة ثقب تنفع عند
تدوير الحنفية في الوضعين الزاويين

وفي شكل ٨١ الذي يبين الحنفية مقطوعة أفقياً يتطام الاتصال بين المستودع
وجسم الطلونية من ن الى ث والى د بقناة مركزية واثني جانبيين وتشغل الآلة
كما ذكرنا حتى وقف شغلها أى امتنع صمام ز من الانفتاح تدار حنفية ك ٩٠ درجة
كما في شكل ٨٣

ومن هذا الوقت تغير الاتصالات كما يظهر من شكل ٨١ و ٨٣ المقطوعين أفقياً
وشكل ٨٢ و ٨٤ المقطوعين رأسياً فيصير جسم الطلونية اليمين متصلاً وحده
بالمستودع بواسطة قناة ن م ث كما في شكل ٨٣

بخلاف جسم الطلونية اليسار فإنه يوجد متصلاً بواسطة قناة نافذة بانحراف في الحنفية
بفتحة مركزية وكأنة في قاعدة جسم الطلونية اليمين مفتوحة دائماً

إذا علمت ذلك فعند رفع مكبس اليمين يجذب الهواء من المستودع وعند نزوله يدفع الهواء
الذى كان جاذبه في جسم الطلونية اليسار بواسطة فتحة و د لان فتحة د تكون
حينئذ مفتوحة حيث ان صمامها مرفوع ومتى صعد مكبس اليمين تانياً انخفض مكبس
اليسار لكن الهواء الذى تحته لا يرجع في جسم الطلونية اليمين لان فتحة د تكون
مغلقة بصمامها القمعي وباستمرار مكبس اليمين في جذب الهواء من المستودع ودفعه
في جسم الطلونية اليسار يترام الهواء فيه ويكتسب قوة كافية لرفع صمام ز من المكبس
وكان ذلك غير ممكن قبل تدوير حنفية ك وباستعمال حنفية ازدواج التفسير
يتوصل لعمل الفراغ الى نصف ميليمتر

استعمال الآلة المفرغة علم مما تقدم أن هناك جلة تجارب تفعل بواسطة الآلة
المفرغة كنزول الزيت كالمطر في اثبات المسام وكسقوط الاجسام في الفراغ وثقب
المثانة ونصف كرة مجذورة والباراسكوب وتستعمل الآلة المفرغة أيضاً في
اثبات ان الهواء ضرورى لبقاء الاحتراق والحياة بواسطة الاوكسيجين المحتوى عليه
وفي الواقع اذا وضع شحت ناقوس الآلة المفرغة جسم متقد كشمعة مثلاً شاهد أن اللهب
يمت بجرد عمل الفراغ وبعد ذلك تنطفئ الشمعة والحيوانات الثديية والطيور تهلك

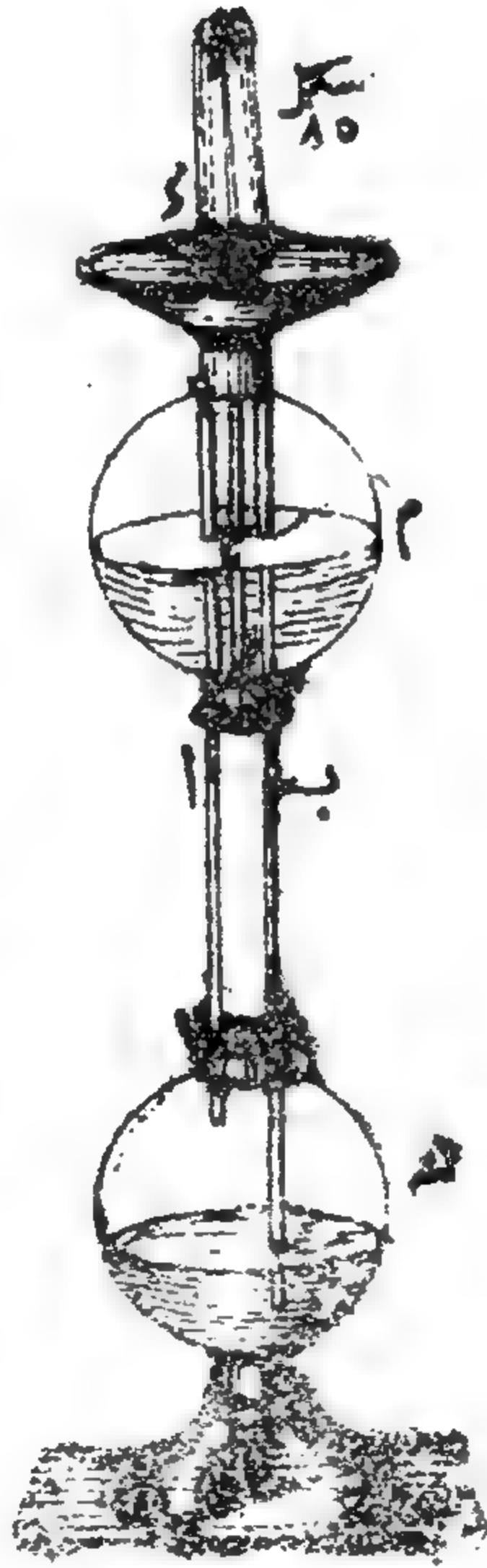
* (١٠٨) *

حالات الفراغ والاسماك والزواحف تحمل فقدها للهواء زمنا طويلا والمحشرات تعيش
جملة أيام في الفراغ
والاجسام القابلة للتخمر تحفظ في الفراغ بدون تغير زمنا طويلا حيث انها غير ملائمة
للاوكسيجين الذي هو ضروري للتخمر ولذا ان الاغذية اذا وضعت في اناء طرد منه
الهواء وسد سدا محكما حفظت جملة سنين

* (المبحث الرابع في نافورة هيرون) *

نافورة هيرون المسماة باسم مخترعها الذي عاش في الاسكندرية ١٢٠ سنة قبل
التاريخ المسيحي تتركب من طست من نحاس و شكل ٨٥

ومن كرتين من زجاج م ن قطرا هما من ٢
الى ٣ ديسيمتر والطست متصل بالجزء
السفلى لكرة ن بواسطة أنبوبة طويلة
من نحاس ب وأنبوبة ثانية ا تجعل
الاتصال بين الكرتين وأنبوبة ثالثة صغيرة
نافذة في الطست وواصلة للجزء السفلى من
كرة م وهذه الانبوبة تنزع عند تشغيل النافورة
لاجل ملء جزء من كرة م بالماء ثم توضع محالها
ثانيا وبصب الماء حينئذ في الطست فينزل
من أنبوبة ب في الكرة السفلى ويطرد منه
الهواء فيندفع في الكرة العليا وبتراكمه فيها
يضغط على الماء فينبثق الماء كما يوضحه الشكل
المذكور ولولا مقاومة الهواء والاحتكاك
لارتفع السائل أعلى استواء م لارتفاع يساوى
البعد بين التسويتين في الكرتين وأنس
على قاعدة نافورة هيرون استعمال المصابيح
الايدروستاتيكية



وهذا

* (١٠٩) *

وهذا الجهاز المذكور مؤسس على قوة مرونة الهواء والجهاز الآتي مؤسس عليها وعلى ضغط الجو

* (المبحث الخامس في النافورة المتقطعة) *

النافورة المتقطعة متكوّنة من كرة من زجاج ث شكل ٨٦

مسدودة سدّا محكماً بسدادة من جنسها وفيها فتحتان أو ثلاثة شعيرية و منها يحصل السيلان ومن أنبوبة بلور مفتوحة الطرفين نافذة باحد طرفيها في كرة ث وطرفها الثاني ينتهي بالقرب من فتحة مركزية كائنة في طست من نحاس ب حامل الجهاز فتى ملئت كرة ث بالماء لثامتها تقريبا سال السائل أولاً من الفتحات كما يظهره الشكل المذكور لأن الضغط الباطني الواقع على و يساوي ضغط الجو المنتقل بواسطة الجزء السفلي للأنبوبة البلورية يزيد عليه بثقل عمود الماء و ث وبذلك يغلب على الضغط الظاهري الواقع على نفس نقطة و ويستديم السيلان مادامت الفتحة السفلى للأنبوبة



البلور مفتوحة أعني مادامت شدة الهواء الباطني مساوية لضغط الجو لأن الهواء يدخل بمجرد سيلان الماء لكن اذا انظم الجهاز بشرط أن لا يسيل من الفتحة المصنوعة في قاع الطست ب الامقدار من الماء أقل من الماء النازل من فتحات د ارتفع استواء الماء في الطست شيئاً فشيئاً وغمر طرف الأنبوبة البلورية بالكمية وحينئذ فلا يمكن الهواء الظاهري أن يصل الى كرة ث ويتخلل الهواء الذي فيها عند استمرار السيلان من فتحات و يأتي زمن فيه يتعادل ضغط عمود الماء و ث وشدة الهواء المنحصر في الجهاز

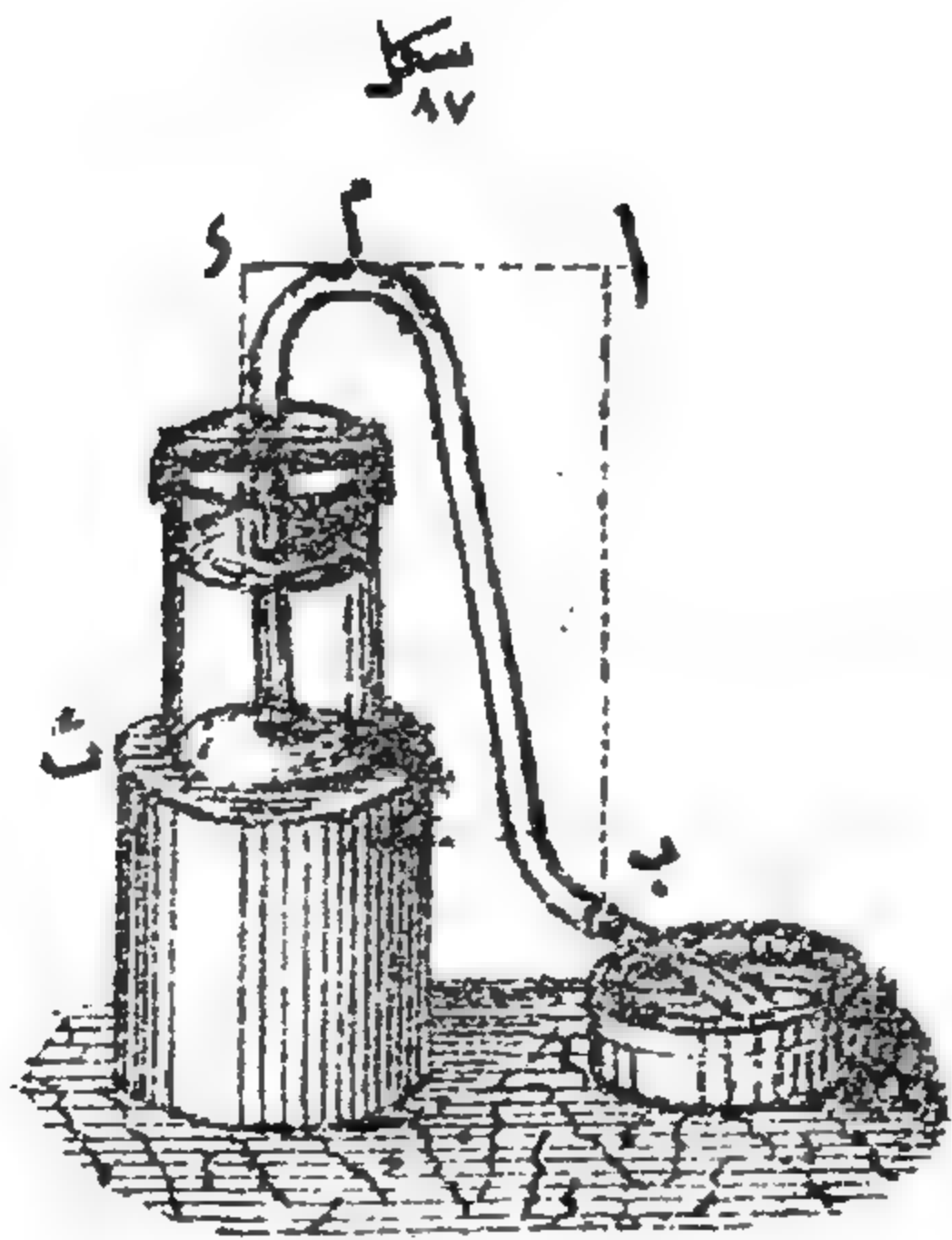
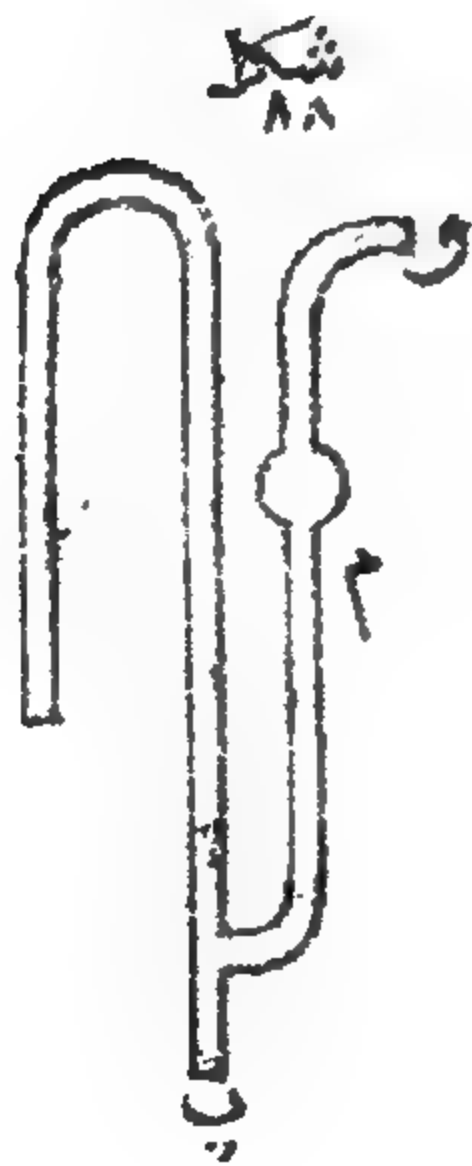
* (١١٠) *

مع الضغط الظاهري المؤثر على فتحاته وبناء على ذلك يمتنع السيلان وحيث ان الطست
مستمر سيلان الماء منه فينكشف الطرف السفلي للانبوبة ويدخل حينئذ الهواء
ويتبدى السيلان ثانياً وهكذا ما بقي الماء في كرة ث

* (المبحث السادس في الممص) *

الممص أنبوبة منحنية الى شعبتين غير متساويتين تستعمل لتفريغ السوائل من أعلى
حافة اناء الى آخر والشعبة القصيرة هي التي تغمر في الاناء المراد تفريغه كما في شكل ٨٧
ولاجل استعمال هذه الآلة تملأ أولاً بالسائل ولجل ذلك تقلب وتقلب مباشرة وتسد
فتحتها في الحال وتوضع كما هو موضح في الشكل المذكور أو تغمر الشعبة القصيرة
في السائل ويحسب الهواء الذي في الجهاز من فتحة ب بواسطة الفم فيحصل الفراغ
حينئذ في الجهاز ويندفع سائل الاناء ث في الانبوبة بتأثير الضغط الجوي ويأؤها
ويستمر سيلانه

ومتى كان السائل المراد تفريغه مضرباً بالفم فإنه يستعمل ممص ملحوم فيه أنبوبة أخرى
م كما في شكل ٨٨



(١١١)

موازية للشعبة الكبيرة وحينئذ فيجذب الهواء من الجهاز بواسطة فتحة وهذه الانبوبة
المضافة مع الانتباه لشد فتحة ب زمن جذب الهواء ومنع ارتفاع السائل في الانبوبة
المضافة الى الفم متى امتلأ المص بأي عمل كان استمرار السيلان من الشعبة الصغيرة
جهة الكبيرة مادامت الشعبة الصغيرة مغمورة في السائل

ولاجل معرفة كيفية حصول هذا السيلان يلزم ملاحظة أن القوة التي تضغط السائل
في ث شكل ٨٧ المتقدم وتحركه الى السيلان في اتجاه ث م ب مساوية للضغط
الجوى ناقص ثقل عمود الماء الذي ارتفاعه د ث وأيضا القوة في ب التي تحرك
السائل في اتجاه ب م ث هي ثقل الجوى ناقص ثقل عمود من الماء ارتفاعه ا ب
وحيث ان العمود الاخير اكبر من عمود د ث فينتج من ذلك أن القوة الحقيقية المؤثرة
في ب أصغر بكثير من القوة المؤثرة في ث ويحصل السيلان حينئذ بالتفاضل بين
القوتين وتكون سرعة الانصباب أعظم كلما كان فرق الاستواء بين فتحة ب و سطح
السائل في انا ث أعظم ويستنتج من نظرية المص أنه لا يتم وظيفة في الفراغ ولا اذا
كان ارتفاع ث د أعظم من عمود السائل الذي يوازن الضغط الجوى ومن أراد
الاطلاع على باقى المصنات فعليه بالمطولات

(المبحث السابع فى الطلونات)

الطلونات آلات تستعمل لرفع المياه بالمص أو الكبس أو بهما معا ولذلك تنقسم
الطلونات الى ماصة وكابسة وماصة كابسة وقبل غليل كان ينسب صعود الماء
فى الطلونات الماصة الى كراهة الطبيعة للفراغ وسنشهد أن هذه الظاهرة نتيجة
تأثير ضغط الجوى والقطع المختلفة التي تدخل فى تركيب الطلونة هي جسم الطلونة
والكبس والصمامات وأنايب المص والصعود فجسم الطلونة اسطوانة مجوفة ثابتة
من معدن أو خشب فيها المكبس الذى هو اسطوانة من معدن أو خشب موشحة
بالمشاق تتلاق مع محاذكة لطيفة فى جميع طول جسم الطلونة والصمامات أقراص
من معدن أو من جلد تستعمل لغلق وفتح الفتح التي توصل جسم الطلونة بأنايب
المص والصعود والأنايب هي التي يصعد فيها الماء أولا الى جسم الطلونة ثم يندفع
لاعلى وتصنع أنواع من الصمامات وأكثرها استعمالا الصمام المتكون من قطعتين

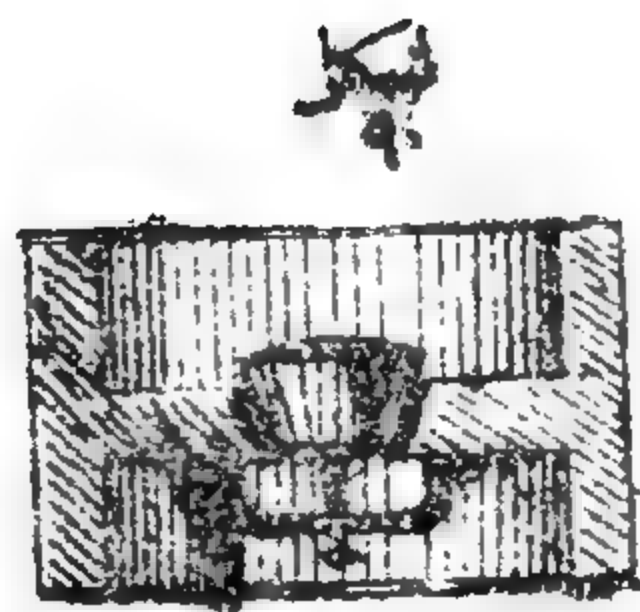
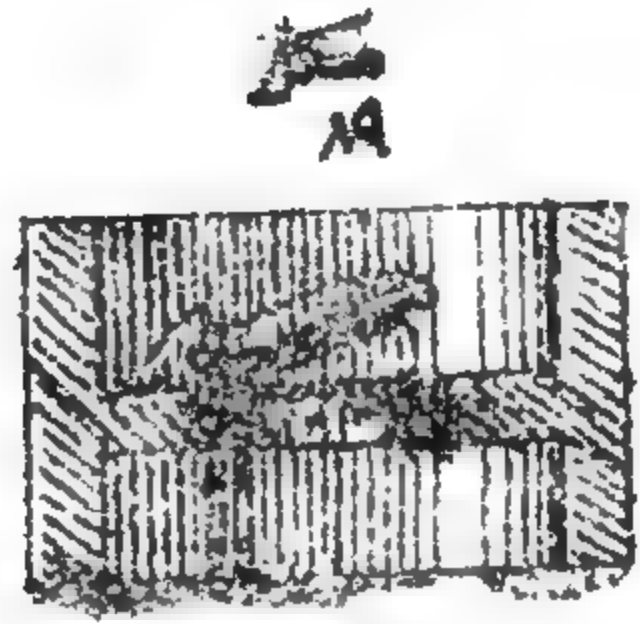
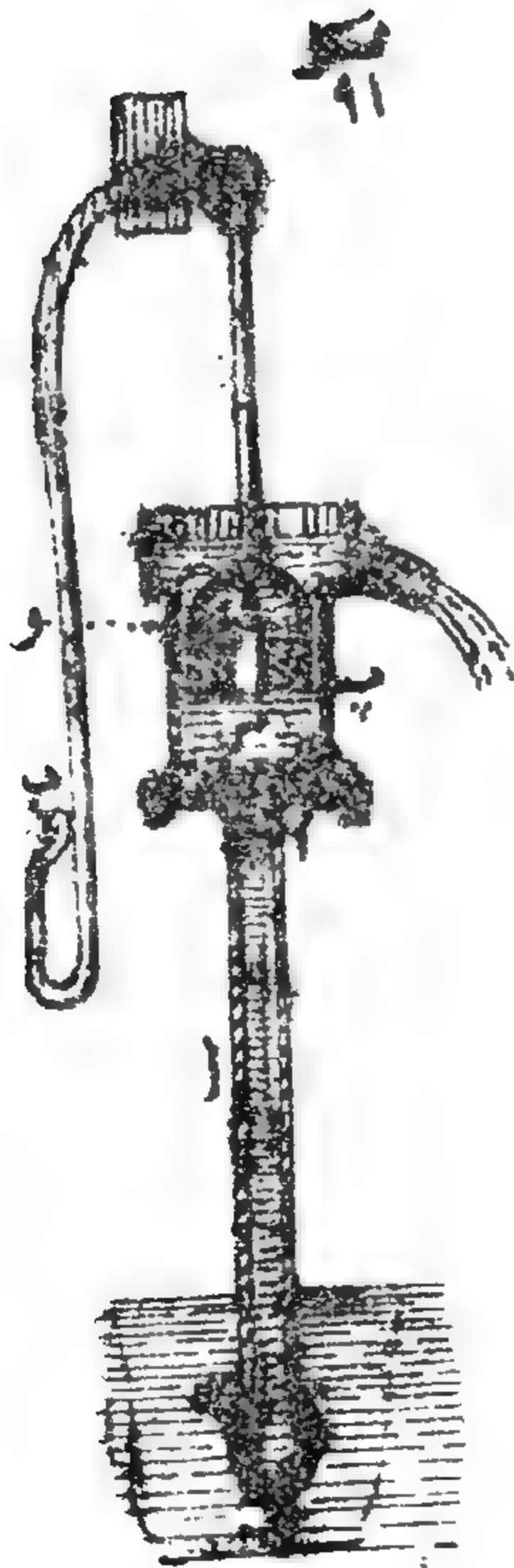
* (١١٢) *

منضمتين بقضيب من حديد شكل ٨٩

والصمام القمعي شكل ٩٠

فالأول قرص معدني مثبت على حافة الفتحة التي يغلقها بواسطة نوع رزة ولاجل أن يكون الغلق محكما يوسع السطح السفلي للقرص بجلا يد نخين وفي الغالب يسمي طرف هذا الجلا على حافة الفتحة المعدل لغلقتها متى كان قطره أعرض من القرص وفي هذه الحالة تقوم ليونته مقام الرزة والصمام القمعي يقع معدني يد خيل في فتحة قعينة أيضا وتحت هذه الفتحة قضيب من حديد يمر فيه زردور رأس مثبت في الصمام والغاية من هذا الوضع تحديد حركة الصمام متى ارتفع بواسطة الماء ومنعه من الانقلاب

الطلونية الماصة هي مينة مقطوعة في شكل ٩١



وتتركب

وتركب هذه الطلونية أولا من جسم طلونية اسطوانى فى جزئه العلوى فتحة جانبية يسيل منها الماء ومثقوب من قاعدته بفتحة مغطاة بصمام س ينفتح من أسفل الى أعلى ثانيا من أنبوبة مص ا مثبتة من أحد طرفيها فى جسم الطلونية وطرفها الثانى مغمور فى السائل الذى يقصد رفعه ثالثا من مكبس ب يحمل ساقا يتحرك حركة ذهاب وإياب بواسطة رافعة ب والمكبس فى مركزه ثقب مغطى بصمام ص ينفتح من أسفل الى أعلى

ففى كان المكبس فى نهاية انخفاضه ورفع حصل الفراغ أسفله وبقي صمام ص مغلقا بضغط الجو وحينئذ يرفع الهواء الكائن فى أنبوبة ا بالنظر لقوة مرونة صمام س ويمر جزء منه فى جسم الطلونية وحيث ان هواء الأنبوبة صار حينئذ مختلفا فان الماء يصعد فيها الى أن يوازن ثقل عمود الماء المرتفع وشدة الهواء الباقى فى الأنبوبة الضغط الجوى الواقع على الماء من الخارج

ومتى نزل المكبس انغلق صمام س بثقله النوعى ومنع رجوع الهواء من جسم الطلونية الى أنبوبة المص وحينئذ فيفتح الهواء المنضغط بالمكبس صمام ص ويصعد فى الجو من الثقب المصنوع فى المكبس ويرفع المكبس مرة ثانية تحدث الظواهر عينها وبعد تشغيله عدة مرات يصعد الماء فى جسم الطلونية ومن هذا الوقت يتنوع الفعل الحادث أعنى أن فى مدة نزول المكبس ينغلق صمام س والماء المنضغط يرفع صمام ص ويصعد أعلى المكبس والمكبس يرفعه بعد ذلك عند صعوده الى الفتحة الجانبية التى ينصب منها وحينئذ فلا يوجد هواء فى جسم الطلونية ولا فى أنبوبة المص ويتبع الماء المدفوع بضغط الجو المكبس فى حركته بشرط أن لا يرتفع أكثر من ١٠.٣٠ أمتارا أعلى من استواء الماء الذى فى الخوض المغمور فيه أنبوبة المص ا وفى الواقع تقدم أن ثقل عمود الماء الذى ارتفاعه ١٠.٣٠ أمتارا يعادل ضغط الجو

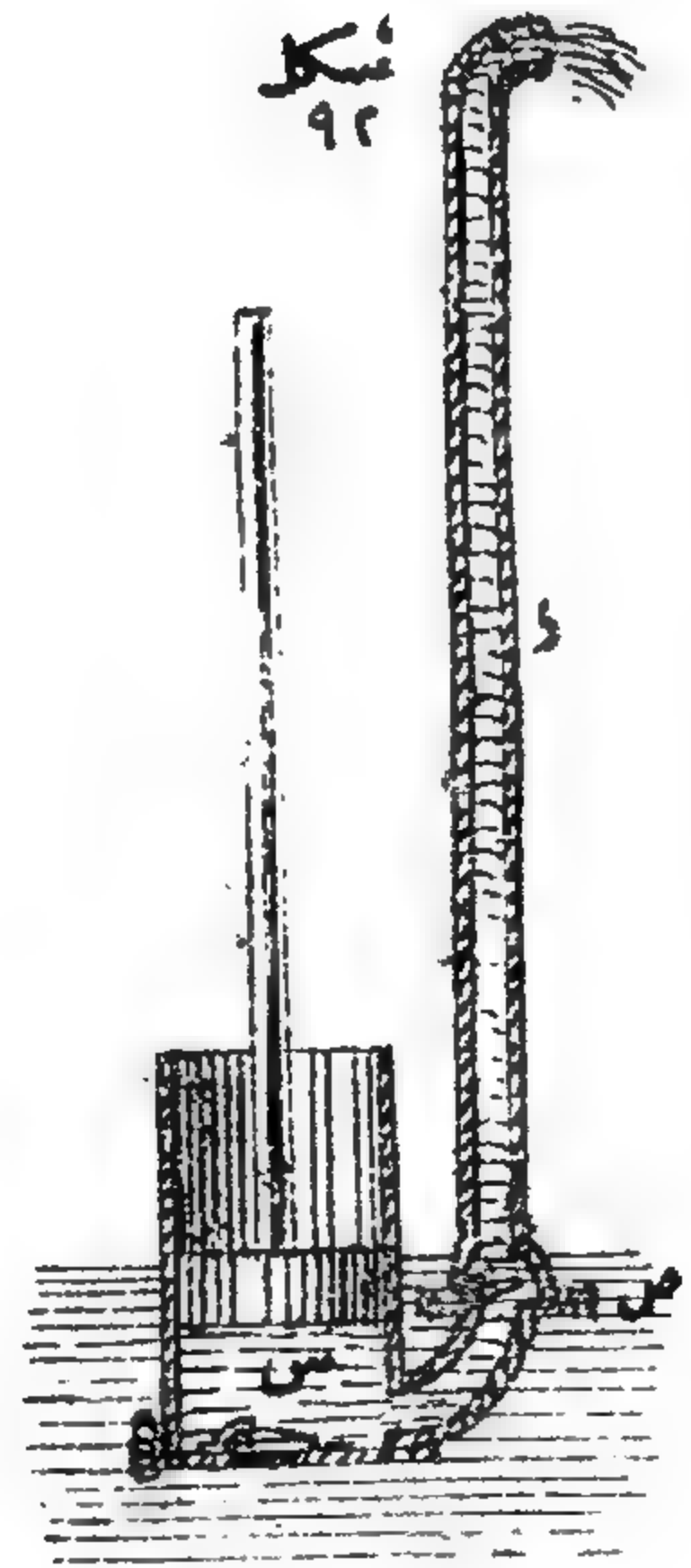
ولاجل معرفة الارتفاع الذى يمكن اعطاؤه لأنبوبة المص ا ينبغى ملاحظة أن المكبس فى تشغيل الطلونية لا ينطبق بالتحكيم على قاعدة جسمها وانه متى كان فى أسفل حركته يوجد أيضا أسفله مسافة قليلة ملائمة بهوائى الضغط المعتاد ولتكن هذه المسافة مساوية لـ $\frac{1}{3}$ من حجم جسم الطلونية فالهواء المنحصر فيها يمتد بجزء ارتفاع المكبس

ومتى وصل لآعلى حركته كانت شدة الهواء الذى فى جسم الطلونة $\frac{1}{3}$ من الضغط
الجوى بمقتضى قاعدة مريوط وحينئذ فلا يملأ نخل هواء أنبوبة المص أكثر من
هذا الحد وبناء على ذلك فلا يصعد الماء فى هذه الأنبوبة إلا لارتفاع يساوى $\frac{2}{3}$
من ١٠٣٠ أمتار أعنى الى ٩٠ أمتارا وهذا الارتفاع زائد أيضا عن الارتفاع
المطلوب حيث يلزمه صعود الماء بمقدار يسير فوق صمام س وحينئذ فلا تكون أنبوبة
المص على العموم أكثر من ثمانية أمتار

وفى الطلونة الماصة يصعد الماء ابتداء فى أنبوبة المص بتأثير الضغط الجوى ولا يتجاوز
ارتفاعه حينئذ ثمانية أمتار الى تسعة لكن متى مرأعلى المكبس بقوة صعود
المكبس هى التى ترفعه والارتفاع الذى يصل اليه حينئذ متعلق بالقوة التى تحرك
المكبس

الطلونة الكاسية هذه الطلونة
تؤثر بالمكبس كما يدل عليه اسمها وهى
مبينة مقطوعة فى شكل ٩٢

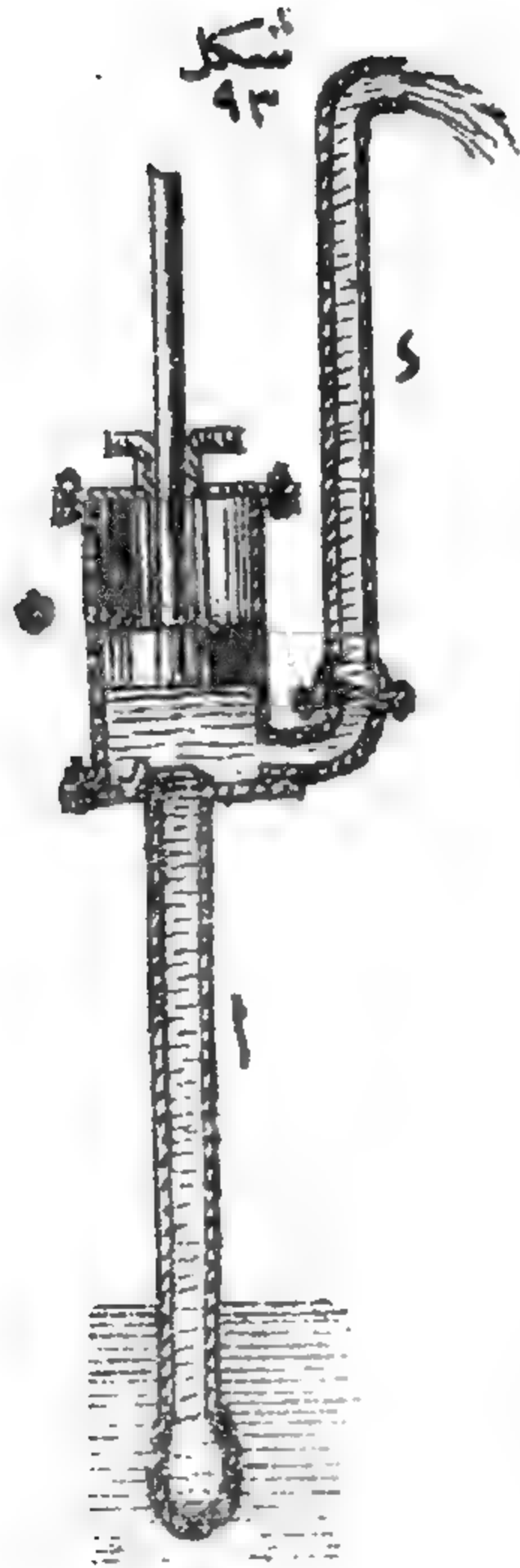
وتخالف السابقة بكون مكبسها ممتلئا
وليس لها أنبوبة مص حيث ان جسم
الطلونة يكون مغمورا فى نفس
الماء الذى يقصد رفعه وبالجمله فوفى
على جانب جسم الطلونة أنبوبة التى
هى أنبوبة صعود الماء وفى الجزء السفلى
من هذه الأنبوبة صمام ص يفتح من
أسفل الى أعلى وفى قاعدة جسم الطلونة
صمام س مشابه لفتى صعود المكبس
انفتح صمام س وارتفع بدفع السائل
وامتلأ جسم الطلونة ثم ينزوله ينفق
صمام



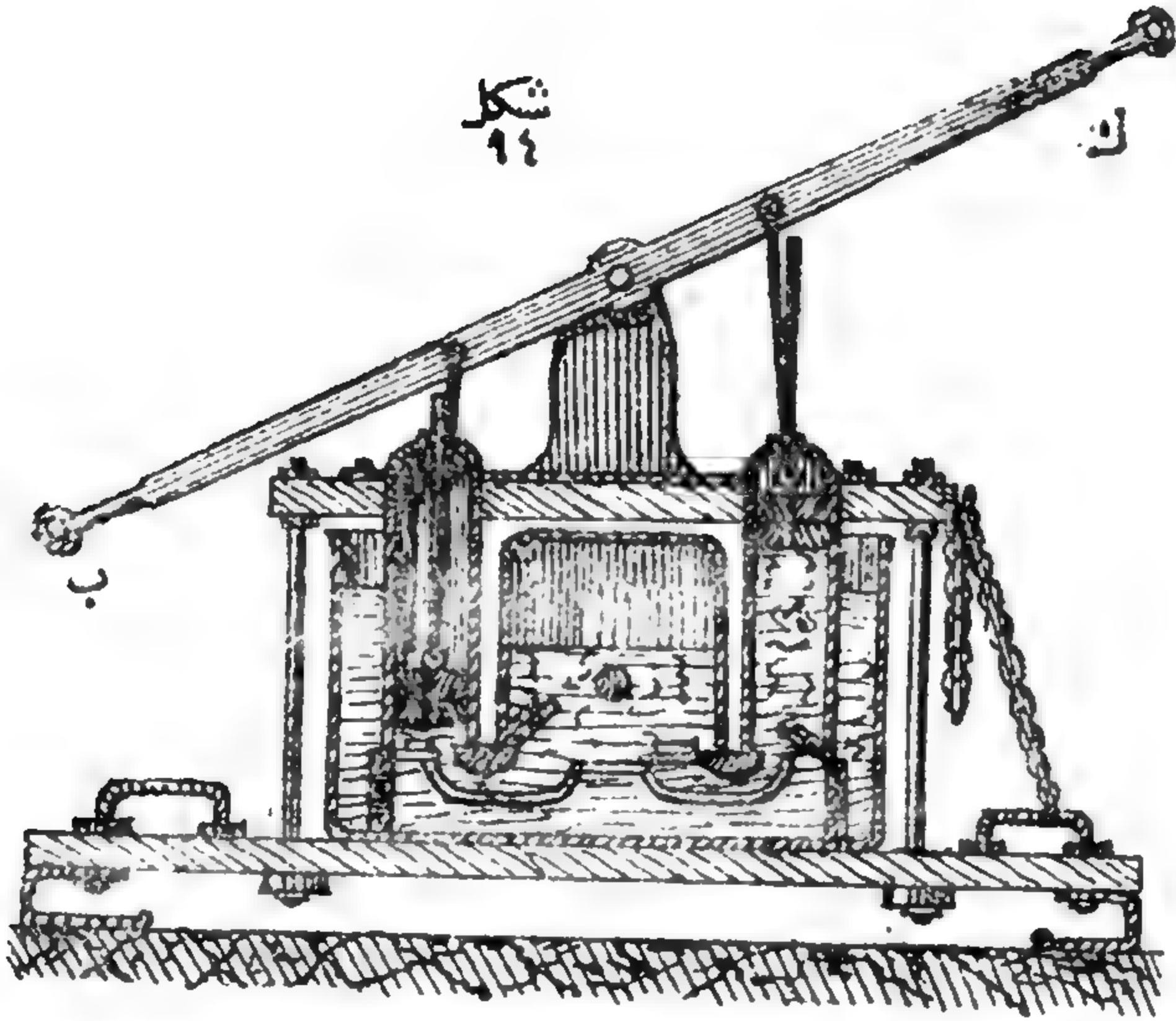
صمام س بثقله النوعى وبالضغط الواقع عليه ويفتح الماء المضغوط بالمكبس
صمام ص ويصعد فى أنبوبة د الى ارتفاع ليس له حد الا الضغط الحاصل
بالمكبس ومقاومة الجهاز

الطالونية الماصة الكابسة هذه الطالونية ترفع الماء بالمص والمكبس معا وهى موضحة
مقطوعة فى شكل ٩٣

ومكبسها مصمت وفى قاعدة
جسم الطالونية صمام ينفتح من أسفل
الى أعلى ويغلق أنبوبة المص ا
وعلى جانب جسم الطالونية أنبوبة
الصعود د مع صمامها فتى اشتغلت
الطالونية فالماء الممتص بأنبوبة ا
عند صعود المكبس كل مرة يندفع
فى أنبوبة د عند نزول المكبس فى
كل مرة وأما حدا امتصاص وصعود
الماء فكما فى الطالونتين السابقتين
وفى الطالونية الماصة الكابسة
الموضحة فى شكل ٩٣ يكون السيلان
مقطوعا لانه لا يحصل الا اذا انخفض
المكبس ويقف متى صعد ثانيا
ويصلح هذا العيب بواسطة حوض
هوائى كما سيأشاهد فى طالونية الحريقة
طالونية الحريقة هى طالونية كابسة
يحصل انتظام سيلان الماء فيها



بواسطة الحوض الهوائى المتقدم ذكره وبواسطة طالونتين كابستين يؤثران على التوالى
كما فى شكل ٩٤



فطالونبتاً م ن المتحرك كان برافعة واحدة ب ك بواسطة ثمانية أشخاص مغمورتان في صندوق يستمر ماؤه بالماء مدة تشغيل الآلة وعلى حسب تنظيم الصمامات يشاهد انه متى جذبت احدى الطالونبتين الماء من الصندوق كبسته الاخرى في جزء ر المسمى بالحوض الهوائي ومنه يمر من فتحة ز في أنبوبة طويلة من جلد توجهه الى محل التحريقة وبدون اضافة الحوض الهوائي ينقطع انصباب الماء كما وصلت المكابس لاعلى أو لاسفل حركتها ويصير سيلان الماء متقطعاً وحينئذ يزول هذا الضرر بواسطة الحوض الهوائي وفي الواقع حيث ان سرعة دخول الماء في هذا الحوض أعظم من خروجه فانه يرتفع استواءؤه أعلى من فتحة ز ويضغط الهواء المائي للحوض وينتج عن ذلك أنه عند وقوف المكابس في كل مرة يؤثر هذا الهواء المنضغط حينئذ على السائل ويقهره على السيلان في زمن وقوف المكابس القصير جداً ويشاهد من ذلك أن فائدة الحوض الهوائي صيرورة السيلان مستمراً

* (١١٧) *

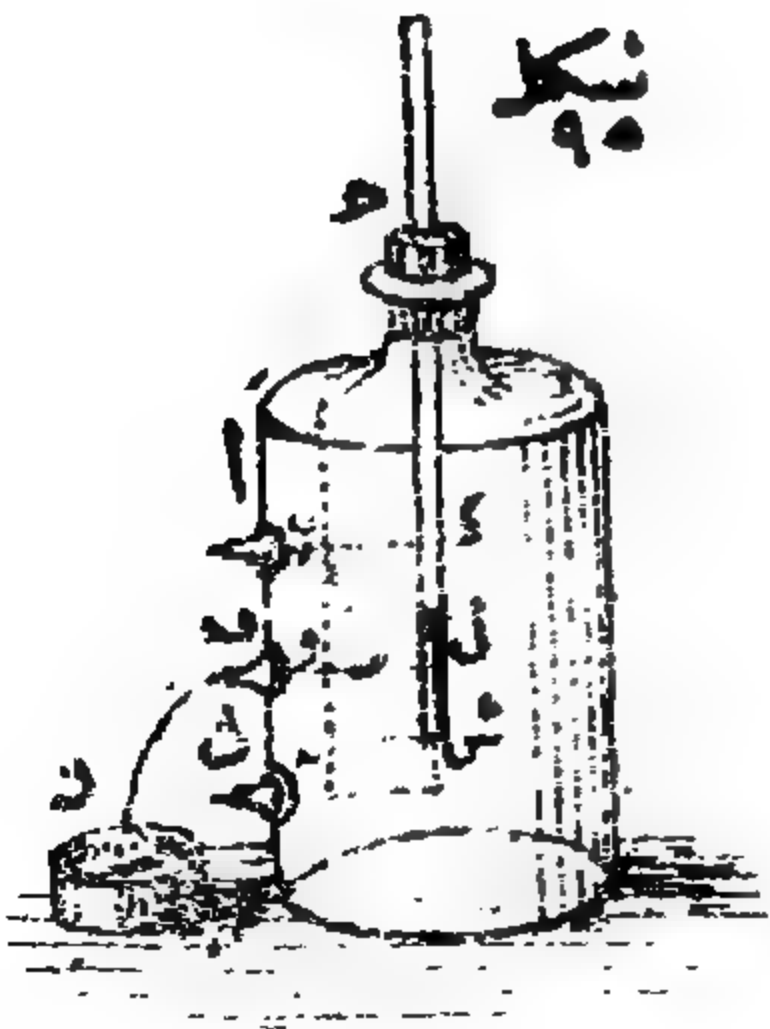
* (المبحث الثامن في الثقل الذي يتحمله المكبس) *

متى ملاء الماء في الطلونية الماصة المتقدمة في شكل ٩١ المتقدم أنبوبة المص وجسم الطلونية الى فتحة السيلان كانت القوة اللازمة لرفع المكبس مساوية لثقل عمود من الماء قاعدته المكبس وارتفاعه البعد الرأسي من فتحة السيلان الى استواء الماء في الحوض الممتص منه الماء وفي الواقع ليكن ش الضغط الجوي و ه ارتفاع الماء أعلى المكبس و ه ارتفاع عمود الماء المائي أنبوبة المص ا والجزء السفلي من جسم الطلونية فيكون الضغط أعلى المكبس ش + ه والضغط أسفله ش - ه لان ثقل عمود الماء يعمل لموازنة الضغط الجوي وحينئذ حيث ان الضغط ش - ه يعمل لرفع المكبس فتكون المقاومة الحقيقية مساوية لزيادة ش + ه على ش - ه أعني مساوية الى ه + ه

وفي الطلونية الماصة الكاسية شكل ٩٣ المتقدم يشاهد بسهولة أن الضغط المتحمله المكبس يكون أيضا مساويا لثقل عمود من الماء قاعدته قطاع المكبس وارتفاعه الارتفاع الواصل اليه الماء

* (المبحث التاسع في اناء مربوط واستعماله) *

اناء مربوط جهاز يظهر عدة أفعال معتبرة لضغط الجو ويتحصل بواسطته سيلان مستمر وهو اناء فيه مغلق بسدادة كما في شكل ٩٥ تمر فيها أنبوبة من زجاج مفتوحة الطرفين وعلى جانب الاناء ثلاث فتحات ا ب ث لكل منها فوهة ضيقة مغلقة بسدادة من خشب



فحتى كان الاناء والأنبوبة ملاءنين بالماء ملاءناما والطرف السفلي للأنبوبة ج مفروض واقفا بين فتحتي ب و ث كما يظهره الشكل تشاهد عدة ظواهر عند فتح أحد الفوهات ا ب ث على التوالي أولا اذا فتحت فوهة ب حصل سيلان الماء وانخفاض استوائه في أنبوبة ج ومتى صار الاستواء فيها وفي ب واحدا وقف السيلان وتفسر هذه الظواهر بزيادة الضغط الذي كان واقعا ابتداء على ب من الداخل الى الخارج وزالت تلك الزيادة عند مساواة استواء

الماء في أنبوبة ج وفي ب وفي الواقع أن الضغط المؤثر على جميع نقاط الطبقة الأفقية ليس واحدا قبل حصول السيلان لأنه يكون في و متر كما من ضغط الجو زائد ثقل عمود الماء ج و بخلافه في ب فإنه يكون مساويا فقط للضغط الجوي ومتى صار استواء الماء واحدا في ب وفي و فإنها تحصل الموازنة لأن الضغط يصير حينئذ في الزجاجة وفي الأنبوبة واحدا على جميع نقاط الطبقة الأفقية ب و ويكون الضغط المؤثر في هذه الحالة على ب وعلى و مساويا للضغط الجوي

ثانيا إذا غلقت فوهة ب وفتحت فوهة ا فلا يحصل سيلان بل بالعكس يدخل الهواء في الزجاجة من فوهة ا ويصعد الماء في أنبوبة ج الى طبقة ا د وفي هذا الوقت تنظم الموازنة وفي الواقع تسهل معرفة أن الضغط يكون حينئذ واحدا على جميع نقاط الطبقة الأفقية ا د بتعقل مشابه للسابق

ثالثا إذا غلقت فوهة ا وفوهة ب وفتحت فوهة ث فيحصل في هذه الحالة سيلان سريع مستمر مادام استواء الماء في الزجاجة لم ينزل أسفل فتحة ل من الأنبوبة ويدخل الهواء حينئذ كرات متوالية من هذه الفتحة ويشغل الجزء العلوي من الزجاجة محل الماء الذي سأل

ولاجل اثبات استمرار السيلان من فتحة ث يلزم أن نوضح أن الضغط المؤثر على الطبقة الأفقية ث ش مساو للضغط الجوي زائد ضغط عمود الماء ش ل ولنفرض أن استواء الماء في الزجاجة يكون منخفضا الى طبقة ا د وحينئذ يتحمل الهواء الذي نفذ في الزجاجة ضغطا مساويا للضغط الجوي ه - ب ن وبالنظر لاروته يرجع هذا الضغط ثانيا الى طبقة ث ش وحيث أن هذه الطبقة تتحمل زيادة على ذلك ثقل عمود الماء ب م فيكون الضغط حينئذ المنتقل على م في الحقيقة ب م ه - ب ن أو ه + م ن أعني ه + ش ل ويثبت بهذه الكيفية أن هذا الضغط يكون أيضا واحدا متى انخفض استواء الماء الى ب و وهكذا مادام الاستواء أعلى من فتحة ل ويكون الضغط حينئذ على طبقة ث ش مستمرا وبناء على ذلك تكون سرعة السيلان لكن متى نزل الاستواء أسفل نقطة ل نقص هذا الضغط وتبعته السرعة

وبمقتضى ما تقدم يتحصل بواسطة انا م ر يوط سيلان مستمر ولاجل ذلك يملأ بالماء وتفتح الفوهة الموضوعة أسفل فتحة ل من الأنبوبة وتكون سرعة السيلان حينئذ مستمرة ومناسبة لجذر مربع ارتفاع ل ش

* (١١٩) *

* (الباب الخامس في الاكوستيك أى نظرية الصوت وفيه فصول) *

* (الفصل الاول في تولد و سريان وانعكاس الصوت وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في القصد من الاكوستيك) *

القصد من الاكوستيك دراسة الاصوات واهتزازات الاجسام المرنة فعلم الانحان
اى الموسيقى يبحث عن الاصوات بالنسبة للاحاساسات والملاذ البشرية التى تتعش
الانسان والاكوستيك لا يبحث الا عن خواص الاصوات بقطع النظر عن الاحساس
الذى يجده الانسان عند سماعها

* (المبحث الثانى في الصوت والدوى) *

الصوت هو احساس يهيج عضو السمع ينتج عن حركة الاجسام المهتزة متى أمكنها الانتقال
الى الاذن بواسطة وسط مرن

وجميع الاصوات ليست متحدة أعنى انها تظهر باختلافات واضحة بحيث يمكن تمييز
بعضها عن بعض ومقارنتها وتعيين مقدارها النسبية

ويتميز الصوت عن الدوى بأن الصوت التحقيقى أو الموسيقى هو الذى يحدث احساسا
تاما ويمكن تقويم مقداره بخلاف الدوى فانه صوت سريع الزوال بحيث لا يمكن تقويم
مقداره كدوى المدفع أو هو اختلاط جلة أصوات غير متفقة كصوت الرعد ودوى
الامواج ومع ذلك فالفرق بين الصوت والدوى غير ظاهر وظهورا قطعيا فان الاسماع
الحادة يمكنها تعيين المقدار الموسيقى للدوى الناشئ عن عربة تدور على
المحور المنحني

* (المبحث الثالث في أسباب الصوت) *

الصوت هو نتيجة الحركة الاهتزازية السريعة لمجزيئات الاجسام المرنة ففى اضطربات
الحالة الانتظامية لهذه المجزيئات من تأثير صدمة أو ذلك فانها تميل حينئذ الى أخذ
وضعها الاول لكنها لا ترجع له الا بعد فعل حركات اهتزازية سريعة تنقص
سعتها بسرعة

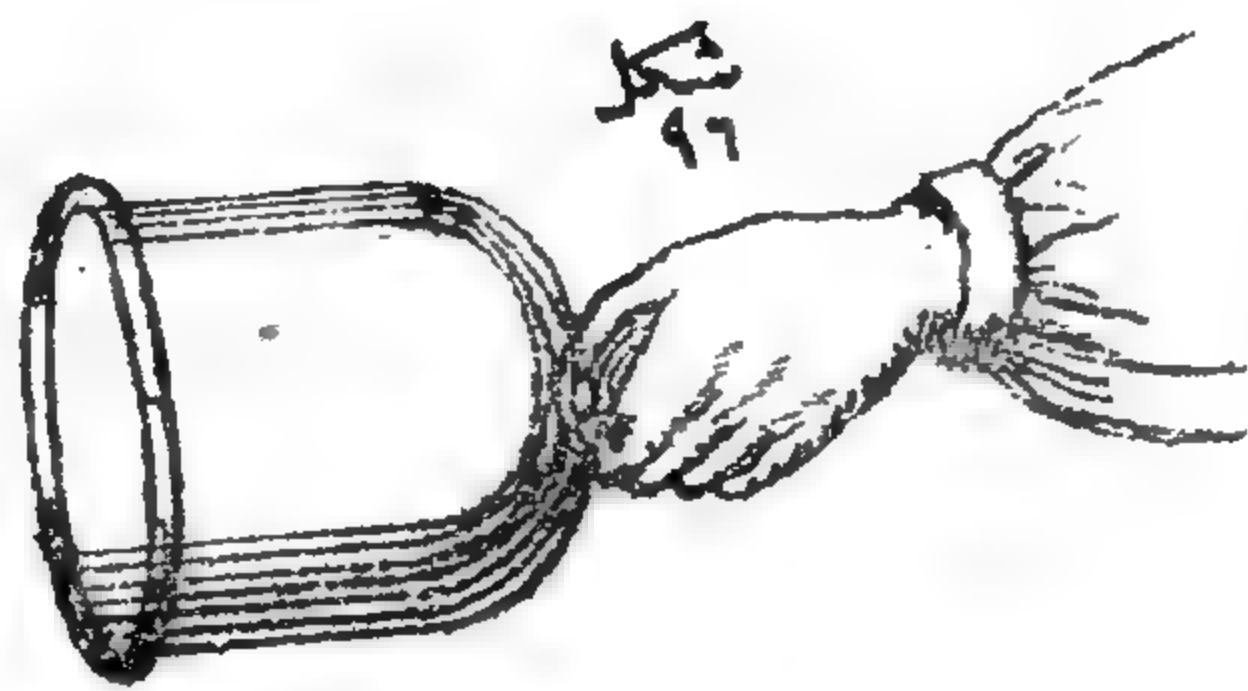
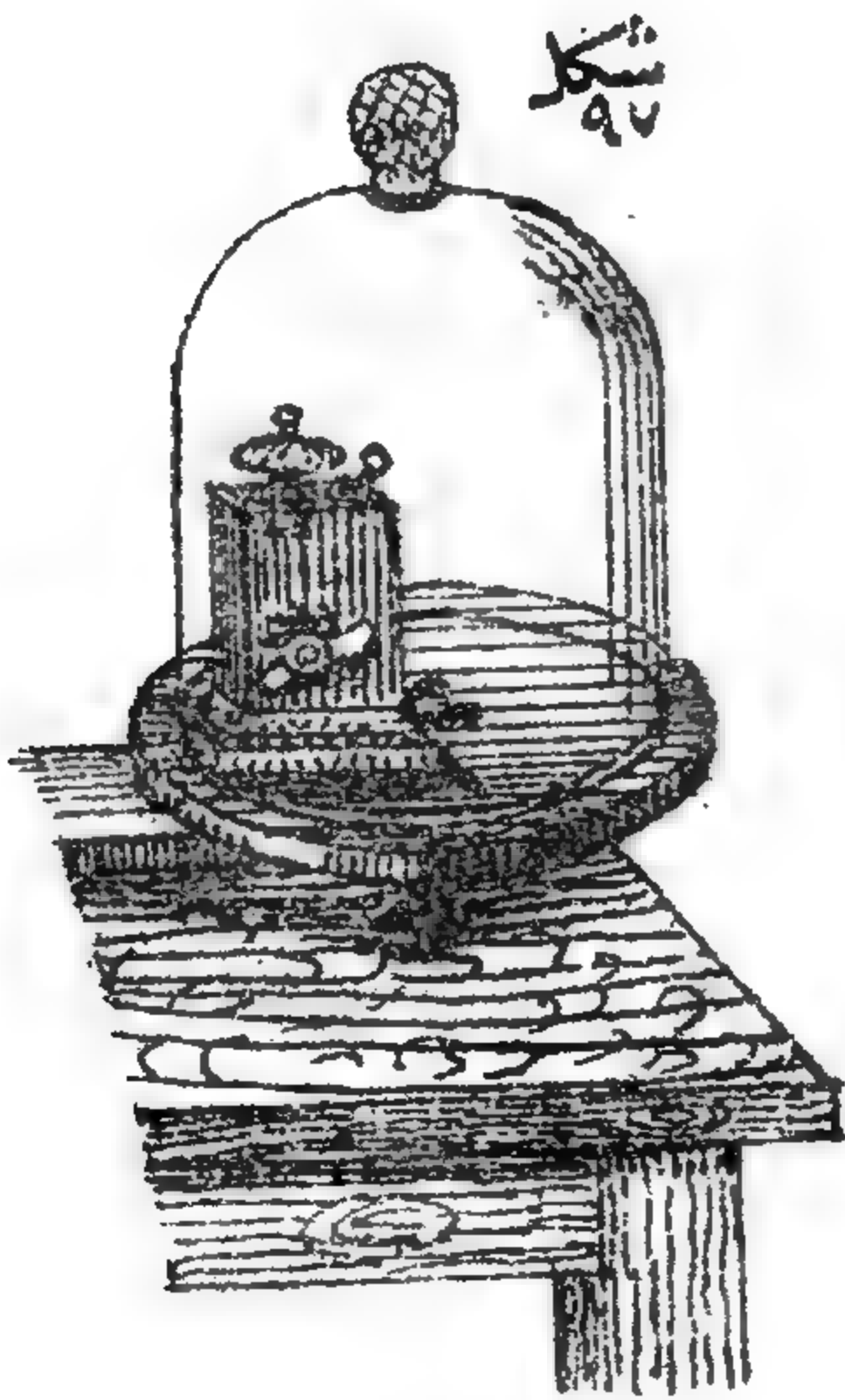
ويسمى جسمارنا كل جسم يولد الصوت ويسمى اهتزازا بسيطا الحركة التى لا تشمل
الاعلى ذهاب أو إياب الاجزاء المهتزة واهتزاز مزدوجا أو تاما الحركة التى تشمل على
ذهاب وإياب الاجزاء المهتزة

* (١٢٠) *

ويسهل اثبات الاهتزازات بالتجارب الآتية وهي اذا ذر رملا ناعما خفيفا على جسم يولد الصوت أى رنانا اكتسب الرمل حركة سريعة وصارت اهتزازات الجسم حينئذ مشاهدة بالبصر وكذلك اذا قبض على وتر موتر ليس بالطويل جدا وترك ظهرت اهتزازاته للبصر أو أمسك ناقوس من زجاج أفقيا باليد من زره كما في شكل ٩٦ وضرب على الناقوس بأصبع اليد الأخرى اهتز ووضع حينئذ داخل الناقوس قطعة من معدن أو من جسم آخر صلب ارتفعت بسرعة بواسطة الاهتزازات المتوالية للمعدن التي يسمع عليها تكرار المصادمة لكن اذا وضعت اليد على الناقوس وقفت الاهتزازات وانقطع التصادم حالا

(المبحث الرابع في عدم سريان الصوت في الفراغ)

لا يدرك الصوت المتولد عن اهتزاز الاجسام المرنة الا بواسطة وسط قابل للوزن كائن بين الاذن والجسم الرنان مهتز معه وهذا الوسط هو عادة الهواء لكن الغازات والابخرة والسوائل والاجسام الصلبة تنقل الصوت أيضا والدليل على أنه لا بد من وجود الوسط القابل للوزن لسريان الصوت التجربة الآتية وهي أن يوضع تحت ناقوس الآلة المفرغة جرس معدني تضربه مطرقة صغيرة تتحرك حركة مستمرة كحركة الساعة الدقاقة كما في شكل ٩٧



* (١٢١) *

أو توضع ساعة دقاقة فسادام الناقوس ممتلئاً بالهواء في الضغط المعتاد تسمع زناً الجرس
سماعاً متميزاً لكن بمجرد تخلخل الهواء تفقد شدة الصوت وينقطع ادراكه متى حصل
الفراغ وحينئذ فلا يسرى الصوت في الفراغ
ولاجل نجاح التجربة يلزم وضع الجرس أو الساعة على حشو أى مسند من قطن
كالوسادة لكيلا تنقل القطع المعدنية المكونة للجرس الصوت الى سطح الآلة المفرغة
ومنه الى الهواء

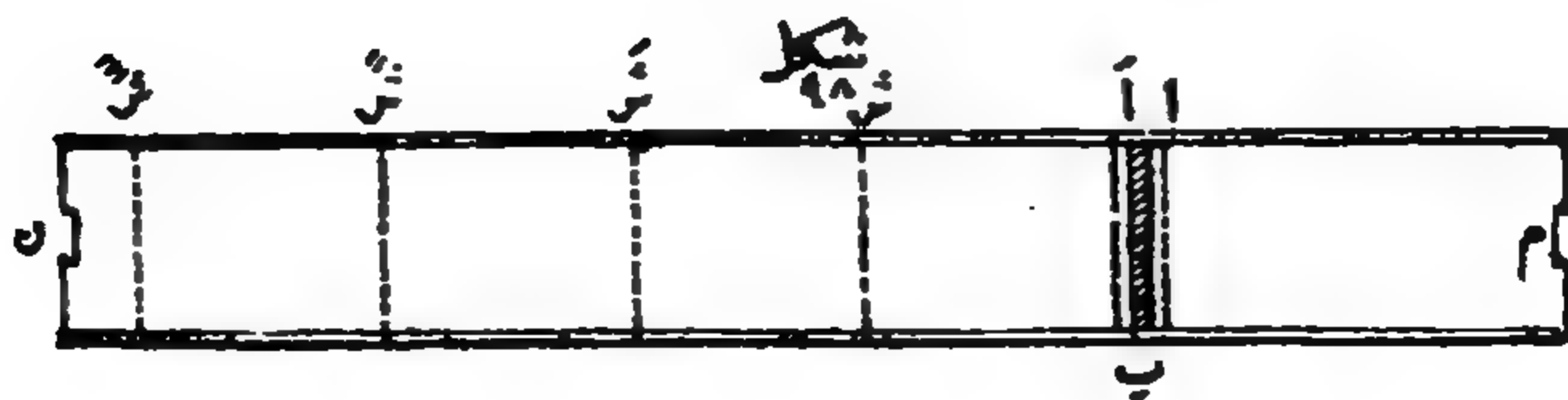
ويمكن فعل هذه التجربة بكيفية بسيطة جداً بواسطة كرة من زجاج ذات حنفية
محتوية على جرس صغير معلق في خيط فاذا كانت الكرة مملوءة بالهواء وحركت حتى
لامسها الجرس سمع صوت متميز لكن بعد تخلخل الهواء المحتوية عليه بواسطة الآلة
المفرغة لا يسمع شئ ابداً.

* (المبحث الخامس في سر بيان الصوت في الاجسام المرنة) *

اذا أدخلنا في الناقوس أو الكرة بعد عمل الفراغ في التجربة بين المتقدمين غازا
أو بخاراً سمعنا صوت الجرس أو الساعة سماعاً جيداً وكذا يدل على أن الصوت يسرى
في الغازات والابخرة كما يسرى في الهواء ويسرى الصوت أيضاً في السوائل وفي الواقع
متى تصادم جسمان تحت الماء سمع تصادمهما متميزاً وكذا الغواص الذي في قرار الماء
يمكنه تمييز ما يقال على الشاطئ وأما الجوامد فتوصليل الصوت بها أشبه بدوى خفيف
جداً فان زغب الریش مثلاً اذا دلك به طرف قطعة من الخشب سمع الانسان صوت
احتكاكها من الطرف الثاني ومن الموصلات للصوت أيضاً الارض فانك اذا وضعت
الاذن عليها بالليل الهادئ سمعت صوت وقع أقدام الخيل وكل دوى آخر

* (المبحث السادس في كيفية سر بيان الصوت في الهواء) *

لاجل بسط نظرية سر بيان الصوت في الهواء نعتبر أولاً سر يانه في أنبوبة أسطوانية غير
محدودة واتمكن حينئذ أنبوبة م ن شكل ٩٨



ملائنة هواء في ضغط ثابت وحرارة كذلك وفي هذه الانبوبة مكبس ب يتردد بسرعة عظيمة من ا الى آ فنتي مر المكبس من ا الى آ ضغط الهواء الموجود في الانبوبة وبسبب كثرة قبولية هذا السائل للانضغاط لا يحصل تكاثفه في جميع طول الانبوبة بل في جزء آ ش من طولها فقط ويسمى ما تكاثف في هذا الجزء بالموجة المتكاثفة وجميع أجزاء الموجة المتكاثفة ليست متساوية في الكثافة ولا في السرعة لان المكبس في حركة ذهابه وايابه يتحرك بسرعات متغيرة فتكون سرعته أولا معدومة في ا وتزداد بالتدريج الى وسط جريته ثم تتناقص الى آ التي تنعدم فيها الحركة ثانيا ومن هذا ينتج في الموجة آ ش تغير كثافة الهواء وسرعته تبعاً لتغير سرعة المكبس ففي آ التي فيها يكون المكبس ساكناً تنعدم سرعة الهواء ويعود الى كثافته الاصلية وفي ش التي تنتهي اليها الموجة تكون كثافة الهواء وسرعته عين كثافته وسرعته في آ لكن في النقط المتوسطة بين آ و ش تزداد هذه الكميات من ابتداء نقطة آ الى الجزء المتوسط للموجة ثم تتناقص بعد ذلك الى نقطة ش

فاذا تصورنا أن الانبوبة م ن منقسمة الى أطوال كل منها مساو الى طول آ ش وكل طول منقسم الى طبقات موازية للمكبس يظهر بالحساب أن الوقت الذي تسكن فيه الطبقة الاولى من الموجة آ ش يتبدى فيه الطبقة الاولى من جزء ش ش بالتحرك ثم اذا سكنت الطبقة الثانية من الموجة آ ش وصلت الحركة للطبقة الثانية من جزء ش ش ولا تزال تنتقل الحركة من طبقة الى أخرى في الأجزاء ش ش وش ش وهلم جرا وحينئذ تتقدم الموجة المتكاثفة في الانبوبة ما زالا كل من أجزائها على التوالي بدرجة واحدة من السرعة والكثافة ثم يرجع المكبس بعد ذلك على نفسه في اتجاه آ ا يحدث خلفه فراغ تتدد فيه طبقة الهواء الملامسة لوجهه الخلفي ثم تتدد الطبقة التالية لها ترجع الاولى الى حالة كثافتها الاصلية وهكذا من طبقة الى طبقة بحيث متى رجع المكبس الى نقطة ا تحدث موجة ممتدة طولها كطول الموجة المتكاثفة وتابعة لها في الانبوبة الاسطوانية المنتشرين فيها معا وتكتسب الطبقات المتناظرة في كل من الموجتين سرعات متساوية ومتضادة

(١٢٣)

وينشأ عن مجموع الموجة المتكاثفة والموجة المتخلخلة موجة رنانة مشتتة على الجزء المتنوع من عمود الهواء مدة ذهاب وإياب المكبس وطول الموجة الرنانة هو ثمانية الموجة المتكاثفة والمتخلخلة مجتمعين أعني المسافة التي يقطعها الصوت في مدة الاهتزاز التام للجسم المولد لهذا الصوت ويكون هذا الطول قليلا كلما كان الاهتزاز سريعاً ثم ننتقل من نظرية حركة الموجات الرنانة في الاسطوانة الى نظرية حركتها في وسط غير محدود من جميع الجهات ويكون ذلك تطبيقاً ما قلناه في المكبس المتحرك في الاسطوانة على كل جزء من الجسم المهتز وفي الحقيقة يحدث حول كل مركز من الاهتزازات اهتزازات من الموجات الكروية المتكاثفة والمتخلخلة على التعاقب وحيث ان هذه الموجات منحصرة بين سطحين متعديين المركز تزداد أنصاف أقطارهما بالتدريج مع بقاء طول الموجة واحداً فتزداد كثافة الموجة بمجرد تباعده عن مركز الاهتزاز وينتج من ذلك أن سرعة الاهتزاز الحادث في أجزاء الهواء المحيطة بالصوت تضعف بالتدريج وتتناقص شدة الصوت حتى يتلاشى

وهذه الموجات الكروية المتكاثفة والمتخلخلة على التعاقب هي التي بانتشارها في المسافة تنقل الصوت فإذا اهتزت عدة نقاط في زمن واحد حدث حول كل منها اهتزازات موجات مشابهة للسابقة عليها وهذه الموجات ينتقل بعضها وسط البعض الآخر بدون تنوع في طولها ولا في سرعتها وتارة يترأى كمجموعة من الموجات المتكاثفة أو المتخلخلة على جملة أخرى من جنسه بحيث ينتج عنهما نتيجة مساوية لمجموعهما وتارة تتقابل مع بعضها وتحدث نتيجة مساوية لفاضلهما ويكون لا جمل ضرورة وجود الموجات معاً مشاهداً بالبصر رمي حصيات على سطح ماء راكد في عدة نقاط منه

(المبحث السابع في الاسباب التي تغير شدة الصوت)

الاسباب التي تنوع شدة الصوت عديدة وهي بعد الجسم الرنان عن عضو السمع وسعة الاهتزازات وتكاثف الهواء في المحل الذي يتولد فيه الصوت واتجاه تيار الهواء وبجواررة أجسام أخرى رنانة

الاول أن شدة الصوت تكون على حسب عكس مربع البعد من الجسم الرنان الى عضو السمع وهذا القانون الذي توصلوا اليه بالنظريات يمكن أيضاً اثباته بالتجربة وفي الواقع اذا اختبرنا جملة أصوات متساوية في الشدة متولدة عن أجراس متحدة تضرب

بمطارق متساوية الثقل ونازلة من ارتفاع واحد ووضعت أربعة من هذه الاجراس في بعد ٢٠ مترا من الاذن وواحد فقط في بعد ١٠ أمتار يشاهد أن هذا الجرس الأخير المضروب وحده يحدث صوتا شدته عين شدة الأربعة أجراس الاول المضروبة معا وهذا يثبت أن الشدة تنقص أربع مرات اذا ازدوجت المسافة

الثاني أن شدة الصوت تزداد مع ازدياد سعة اهتزازات الجسم الرنان ويثبت الارتباط الذي يوجد بين شدة الصوت وسعة الاهتزازات بسهولة بواسطة الاوتار المهتزة وفي الواقع اذا كانت الاوتار طويلة قليلا كانت اهتزازاتها مشاهدة بالبصر ويتحقق ضعف الصوت بتناقص سعة الاهتزازات

الثالث أن شدة الصوت تتعلق بكثافة الهواء في المحل الذي يتولد فيه الصوت والدليل على ذلك أنه اذا وضع تحت ناقوس الآلة المفرغة جهاز دقاق يتحرك بحركة تشبه حركة الساعات الدقاقة سمع تناقص شدة الصوت بمجرد تخلخل الهواء ففي الايدروحين الذي كثافته أقل من كثافة الهواء ١٤ مرة تقريبا تكون شدة الصوت أضعف منها في الهواء بكثير ولو أن الضغط واحد وفي حمض الكربونيك الذي كثافته بالنسبة للهواء ١٠٢٩ يكون الصوت أكثر شدة ويلزم التكلم بقوة على الجبال الشامخة التي يكون عليها الهواء كثير التخلخل حتى يسمع الصوت وطلقة الاسلحة النارية لا تحدث عليها الا صوتا ضعيفا

الرابع أن شدة الصوت تتنوع باضطراب الهواء واتجاه الرياح ويتحقق ذلك بكون الصوت ينتشر دائما في وقت الهدوء أي سكون الريح بانتظام عما اذا كان في وقت هبوبه وأن في وقت هبوب الريح يكون الصوت أشد على البعد الواحد في اتجاه الريح مما في الاتجاه المضاد

الخامس أن الصوت يقوى بمجاورة جسم رنان والدليل على ذلك أن وتر الآلة الموتر في الهواء المطلق لا يحدث الا صوتا ضعيفا متى اهتز بعيدا عن جسم رنان واذا وتر على صندوق رنان كما في القيثارة وهي آلة ذات خمسة أوتار والسكمنجا الغليظة والعود حدث عنه صوت شبيه ما أن أي غليظ شديد وينسب ذلك لاهتزاز الصندوق والهواء المنحصر فيه مع الوتر ومن ذلك استعملت الصناديق الرنانة للآلات ذوات الاوتار ولاجل بيان تأثير الصناديق المملئة بالهواء في تقوية الصوت أنشأ سارت الجهاز الموضح في شكل ٩٩



وهو اناء من نحاس نصف كرة يهتز بواسطة قوس قوى التوتير وبالقرب منه اسطوانة مجوفة مصنوعة من المقوى مفتوحة الطرف المقدم ومسدودة الطرف المؤخر تدور بالارادة على حامل مثبت على قطعة تتزلق في قاعدة الجهاز بدون عائق بحيث يمكن تبعيد الاسطوانة عن الاناء وتقريبها على حسب الارادة فاذا انظم الجهاز كما هو مبين في الشكل المذكور وهز قوى الصوت الحادث عنه لكنه يكاد أن يفقد جميع شدته اذا دورت الاسطوانة ويضعف بالتدريج اذا أخرجت وهذا يثبت أن تقوية الصوت ناشئة عن اهتزاز الهواء المحصور في الاسطوانة

(المبحث الثامن في تأثير الانابيب على شدة الصوت)*

القانون المتقدم الذي قيل فيه ان شدة الصوت تكون على حسب عكس مربع البعد لا يوافق الاصوات المنقولة بواسطة الانابيب خصوصا اذا كانت اسطوانية معتدلة حيث ان الموجات الرنانة لا تنتشر حيث تدعى على شكل كرات متزايدة متحدة المركز ويمكن انتقال الصوت بواسطة الانابيب الى بعد عظيم بدون أن يتغير تغيرا ظاهرا

وقد أثبت بيوت أن الصوت لا يفقد الا قليلا جدا من شدته في أنبوبة من أنابيب توصيل المياه بباريس طولها ٩٥١ مترا وأن المحادثة من أحد طرفي هذه الأنبوبة يمكن سماعها من الطرف الآخر بصوت منخفض لكن اذا كانت أقطار الأنابيب كبيرة أو كانت جدرانها ذات اعوجاج ظهر ضعف الصوت فيها وهذا ما يشاهد في الكهوف والمغارات والمماشى الطويلة ذات التعاريج ونحوها

وخاصية نقل الاصوات بعيدا بالانابيب استعملت أولا في انكثرت فان أنابيب التكلم كانت معدة فيها لنقل الأوامر في المضاييف والتنظيمات الكبيرة

وهي أنابيب متخذة من الصمغ المرن قطرها صغير تمر بالمحيطان من قاعة الى أخرى فاذا تكلم الانسان بصوت مرتفع ارتفعا قليلا واضعافه على أحد طرفي الأنبوبة سمع من الطرف الآخر كلامه متميزا ظاهرا

وعلى حسب تجارب بيوت يكون من الواضح امكان نقل الاصوات القوية والمراسلة من مدينة الى أخرى بواسطة الأنابيب المذكورة وحيث ان متوسط سرعة الصوت في الثانية الواحدة ٣٣٧ مترافانه يقطع مسافة ٨٠ كيلومتر في مدة أربع دقائق

* (المبحث التاسع في سرعة الصوت في الغازات) *

حيث ان انتشار الموجات الرنانة متتال فلا ينتقل الصوت من محل الى آخر الا في مدة اما طويلة أو قصيرة كما يتضح من عدة ظواهر فان قرقة الساعة مثلا لا تسمع الا بعد مضي بعض زمن من رؤية البرق مع أن الصوت والبرق ينشآن في السحاب معا

وقد فعلت تجارب عديدة لتعيين سرعة الصوت في الهواء أعني المسافة التي يقطعها في الثانية الواحدة وآخر تجربة فعلت كانت في زمن الصيف سنة ١٨٢٢ مدة الليل فعلتها جمعية الاطوال أي قياس المسافات وذلك أنهم انتخبوا محلين مرتفعين أحدهما في ويل جويف والثاني في مونتري بالقرب من باريس وجعلوا مرصدين وكان يطلق في كل عشر دقائق مدفع من كل مرصد

فأما الراصدون الكاثولون بمرصدي ويل جويف فانهم سمعوا الثنتي عشرة طلقة الخارجة من مونتري سمعوا متميزا جدا وأما الراصدون الكاثولون بمرصدي مونتري فلم يسمعوا الا سبع طلقات من الثنتي عشرة طلقة الخارجة من ويل جويف وذلك لان اتجاه الريح كان مضادا وكان راصدوا كل مرصدي يكتبون بواسطة الكر ونومتر وهي آلة لقياس

(١٢٧)

الزمن لضبط الزمن الذي يمضي بين رؤية البرق وسماع الصوت وهو الزمن الذي استغرقه الصوت في انتقاله من مرصد الى آخر

ومن حيث ان المسافة التي بين المرصدين لا تبلغ الا ١٨٦١٢,٥٢ مترا وان الضوء يقطع هذه المسافة في زمن لا يمكن تقديره كما هو مقرر في باب الضوء ووجدوا أن المدة المتوسطة لسريان الصوت من مرصد الى آخر ٥,٤ ثانية فبقسمة المسافة الكائنة بين المرصدين على هذا العدد تكون سرعة الصوت في الثانية الواحدة ٣٤٠,٨٩ مترا في درجة ١٦ مائتية التي هي درجة حرارة الجو ومدة التجربة

وتتناقص سرعة الصوت في الهواء مع تناقص درجة حرارته ففي درجة ١٠ + لا تبلغ سرعة الصوت الا ٣٣٧ مترا وفي درجة الطفر لا تبلغ الا ٣٣٣ مترا غير أن سرعة الصوت في درجة حرارة واحدة لا تكون متعلقة بكثافة الهواء ولا بالضغط فتكون السرعة المذكورة في الدرجة المتساوية واحدة لجميع الاصوات سواء كانت هذه الاصوات قوية أو ضعيفة غليظة أو خفيفة وفي الواقع قد أثبت بيوت بالتجارب المتقدمة المتعلقة بتوصيل الانابيب أنه اذا نفخ انسان في مرمار مكب في طرف أنبوبة من الحديد الزهر طولها ٩٥ مترا حفظ الصوت مقدارها في الطرف الثاني وهذا يدل على أن الاصوات المختلفة تسري بسرعات متساوية

ومع ذلك فهذا لا يشمل الاصوات المختلفة الاصل كدوى المدفع مثلا وكصوت ناشئ عن تحرك آلة أو الصوت الانساني لانه ثبت من التجارب أن الصوت المتولد بقوة شديدة كدوى المدفع يكون سريانه أكثر سرعة

وسرعة الصوت تختلف باختلاف الغازات ولو تساوت في درجة الحرارة فقد وجد ولنج بواسطة الحساب على الانابيب الرنانة أن سرعة الصوت في الغازات لا تتغير في درجة الصفر تكون

في حمض الكربونيك	٢٦١	مترا
في غاز الاوكسيجين	٣١٧	مترا
في الهواء المجوى	٣٣٣	مترا
في أوكسيد الكربون	٣٣٧	مترا
في الايدروجين	١٢٦٩	مترا

* (١٢٩) *

يوضع جلة موجات ساقطة ومنعكسة على المعارض بـ ك
فاذا اعتبرنا الموجة الساقطة م ث د ن خارجة من مركز ا كانت الموجة المنعكسة
المناسبة لها مينة بقوس ث ق د الذى مركزه التقديرى نقطة أ والنخط المستقيم
ا ث الذى على حسبه ينتشر الصوت من نقطة ا الى ث شعاعا صوتيا
فاذا م ث من نقطة ث عمود ث ش على السطح العاكس سميت زاوية ا ث ش التى
كونها الشعاع الصوتى مع هذا العمود زاوية السقوط وزاوية ب ث ش التى كونها
الشعاع الصوتى المنعكس ب ث مع نفس العمود زاوية الانعكاس
اذا تقرر ذلك فاعلم أن انعكاس الصوت منقاد للقانونين الاتيين اللذين هما عين قانونى
انعكاس الحرارة والضوء

القانون الاول أن زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط
القانون الثانى أن الشعاع الصوتى الساقط والمنعكس يكونان فى مستوى واحد عمودى
على السطح العاكس

وعلى مقتضى هذين القانونين فالوجة المنتشرة فى الشكل المذكور على حسب خط ا ث
تأخذ بعد الانعكاس اتجاه ث ب بحيث ان الراصد الكائن فى ب يسمع خلاف
الصوت الخارج من نقطة ا صوتا ثانيا يظهر له أنه آت من اتجاه ث ب

(المبحث الثانى عشر فى الصدى والرنه)

الصدى هو رد الصوت فى الهواء بواسطة انعكاسه من بعض المعارضات والصوت القصير
جدا كالصدمة يمكنه احداث الصدى متى كان المعارض العاكس على بعد ١٧ مترا
أقل ما هناك وهذا هو الحد المقبول به لجميع الاصوات لكن الاصوات المفصلة المقاطع
يلزم لها مسافة مزدوجة أعنى ٣٤ مترا وفى الواقع يسهل اثبات أنه لا يمكن التلطف متميزا
بأكثر من خمس مقاطع أو السماع كذلك فى الثانية الواحدة وحيث ان الصوت يقطع
فى الثانية الواحدة ٣٤٠ مترا فينتج من ذلك أنه يقطع فى خمس الثانية ٦٨ مترا وبناء
على ذلك اذا كان المعارض العاكس على بعد ٣٤ مترا فالصوت يقطع فى ذهابه الى
المعارض وايابه ٦٨ مترا بالاقل ويكون الزمن الماضى بين الصوت الاصلى والصوت

* (١٣٠) *

المنعكس خمس ثانية وحينئذ فلا يختلط الصوتان ببعضهما ويصير الصوت المنعكس مسموعا سماعا واضحا وينتج مما ذكر أنه اذا تكلم انسان بصوت مرتفع أمام عاكس بعده عنه ٣٤ مترا فلا يسمعه أنه ان عكس المقطع الاخير المنعكس ويكون الصدى حينئذ دام قطع واحد فان كان بعد العاكس عن المتكلم ضعف ٣٤ مترا أو ثلاثة أمثالها وهكذا كان الصدى دام قطعين أو ثلاثة وهكذا ومتى كان بعد السطح العاكس أقل من ٣٤ مترا اختلط الصوت الاصل بالصوت المنعكس ولا يمكن حينئذ سماع كل منهما على حدة بل يقوى الصوت ويحدث ما يعبر عنه بالرنه وهذا ما يشاهد في البيوت الكبيرة وتكون قاعاتها العارية أكثر دويًا بخلاف المفروشة بالبسط والسجاد التي تعكس الصوت انعكاسا رديئا فانها تجعل البيت أصم والصدى المضاعف هو رد الصوت بجملة مرار ويحصل ذلك متى كان هناك معارضان موضوع أحدهما اتجاه الآخر كحائطين متوازيين مثلا فانهما يردان الصوت بالتعاقب ويوجد من أنواع الصدى ما يتكرر فيه رد الصوت الواحد عشرين أو ثلاثين مرة كما يقع في برج سيمونيتا في إيطاليا

وحيث كانت قوانین انعكاس الصوت عين قوانین انعكاس الضوء والحرارة فالسطح المنحنية يتولد عنها بورة سمعية مشابهة للبورة الضوئية والحرارية التي تحدث أمام المرآة المقعرة العاكسة فاذا تكلم انسان مثلا تحت قبوة قنطرة من حجر وكان وجهه متجها جهة أحد الكتفين أمكن تولد صوت آخر قريب من الكتف الثاني بشدة عظيمة بحيث تمكن المحادثة بصوت منخفض بدون أن يسمعه أحد الحاضرين الكائنين في الوسط بين المتحدثين ويوجد في محل حفظ الفنون والصنائع بباريس قاعة مربعة ذات قبوة مقوسرة تظهر فيها هذه الحادثة ظهورا واضحا متى وقف شخصان في بورتى القوسرة

ومما ينبغي التنبيه عليه أن الصوت لا ينعكس من أسطح الاجسام الصلبة فقط كحوائط البناء والاشباب والصحور بل ينعكس أيضا من السحب ومن مقابله لطبقة من الهواء كثافتها مخالفة لكثافة الطبقة المقاطع لها ومن أجزاء الضباب أيضا وفي الواقع يشاهد أنه اذا كان الهواء اذا ضباب انعكست الاصوات انعكاسا جزئيا وانعدمت بسرعة وفي الليل يمكن سماع الاصوات من بعد عظيم متى كان الهواء صافيا هادئا منتظما الكثافة

(المبحث الثالث عشر في انكسار الصوت)

أثبت

(١٣١)

أثبت المعلم سوندون في ألمانيا أن الموجات الصوتية تنكسر كالحرارة والضوء بأن صنع عدسات غازية أعنى أنه ملاء غلافات غشائية كروية الشكل أو عدسيته بجمض الكربونيك

فأما غلافات الورق والامعاء فلا يكون انكسار الصوت بها محسوسا لكن بغلاف من الكالوديوم تلجج العملية جيدا فقسم المعلم المذكور كرة كبيرة من الكالوديوم قسمين متساويين وثبتتهما على سطحى حلقة من الصفيح قطرها ٣١ سنتيمترا بحيث تكونت عدسة محدبة مجوفة عمقها من المركز ١٢ سنتيمترا تقريبا ثم ملاءها بجمض الكربونيك ثم وضع ساعة معتادة في اتجاه محورها ثم بحث من الجهة الأخرى للعدسة عن النقطة التي يسمع فيها صوت الساعة بشدة فشاهد أنه كلما بعدت الأذن عن المحور كان الصوت عسرا لا دراك لكن متى كانت على المحور في بعد مناسب من العدسة سمع الصوت متميزا جيدا وخيمت إذ فعند خروج الموجات الصوتية من العدسة تأتي وتجتمع جهة المحور وهذا يثبت أنها غيرت اتجاهها وبناء على ذلك قد انكسرت

(المبحث الرابع عشر في مرسلات الصوت والقربين السمي)

مرسلات الصوت والقربين السمي آلتان صغيرتان مؤسستان على تقوية الصوت وتوصيله بالانابيب

أما مرسلات الصوت فانها كما يدل عليه اسمها معدة لنقل الصوت الى أبعاد عظيمة وهي أنبوبة من تنك أو من نحاس أصفر كما في شكل ١٠١



تكاد أن تكون مخروطية الشكل ومتسعة جدا من أحد طرفيها المسمى بالصبيان وهذه الآلة بالنفخ في طرفها الآخر ترسل الصوت الى بعد عظيم مناسب لعظام أبعادها وفمرت ظاهرة الأرسال بانعكاسات متوالية للموجات الرنانة على جدران الأنبوبة ويوجب هذه الانعكاسات يتتابع الموج شيئا فشيئا تابعا لاتجاهه وازالمحور الآلة

ونوزع في هذه النظرية لان الاصوات الخارجة من وسط هذه الآلة لا تقوى في اتجاه محورها فقط بل في جميع الجهات

وأما القرين السمي فانه يستعمل لضعفاء السمع وهو أنبوبة معدنية مخروطة الشكل يوضع طرفها الضيق في الصمخ وطرفها الثاني الشبيه بالصيوان معدلتلقى الاصوات أعني أنه يتلقى الاصوات الصادرة من فم المتكلم وينقل الصوت بجملة انعكاسات في داخل القرين بحيث ان الموج الذي يمكنه أن ينتشر انتشارا عظيما يتركز في الجهاز السمي ويحدث فيه تأثير أعظم من الذي يصدر عن الموج مباشرة

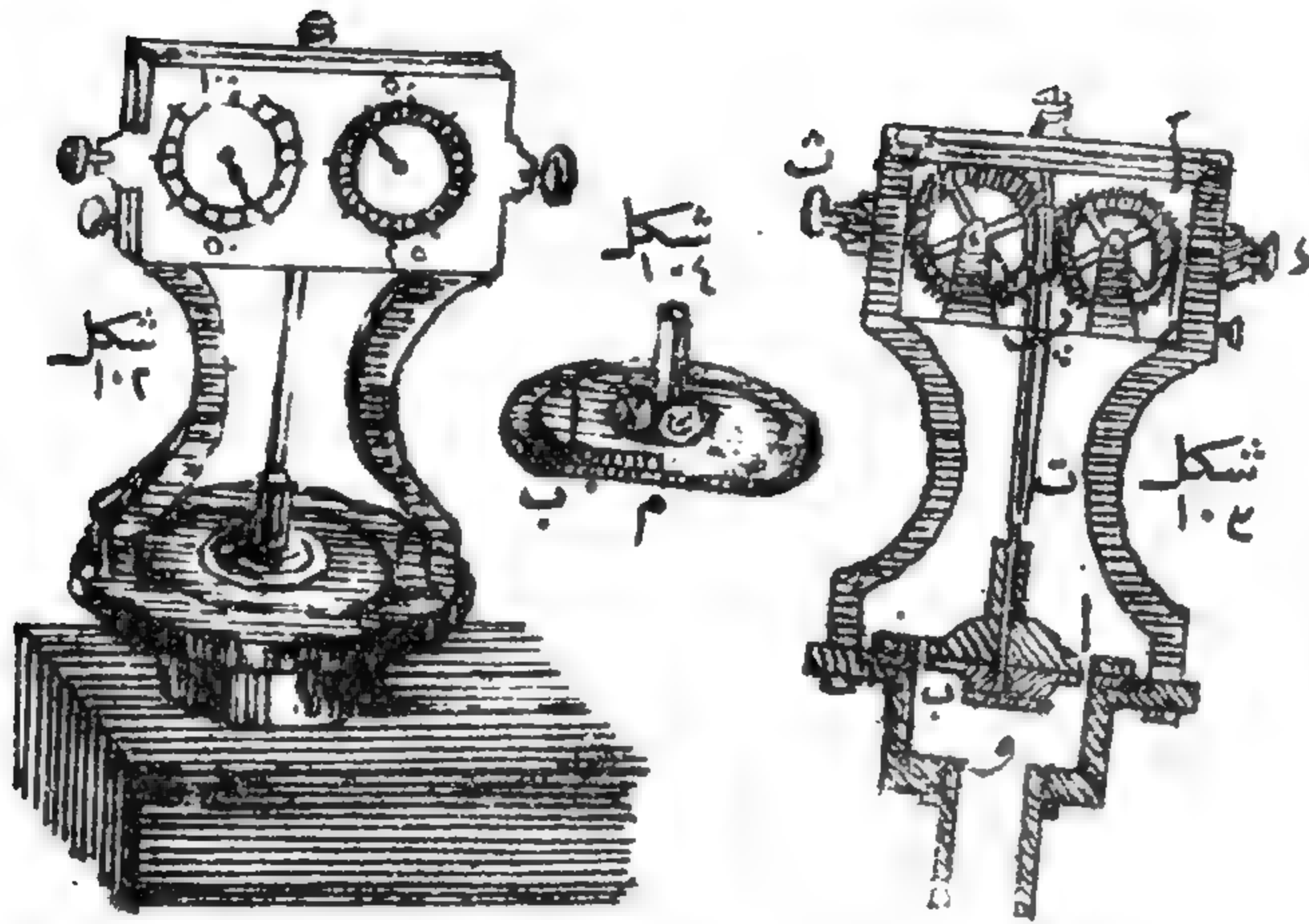
* (الفصل الثاني في قياس أى تقدير عدد الاهتزازات وفيه مباحث) *

اخترعت جملة طرق لتقدير عدد اهتزازات الاجسام الرنانة الاولى طريقة السماع المشتملة على بنت الماء وبجملته ساورت الثانية طريقة الرسم المشتملة على جهاز دو هاميل والفونوتوجراف المنسوب الى سكوت الثالثة طريقة الابصار المنسوبة الى ليساجوس الرابعة اللهب المانومتريكي المنسوب الى كينيك ونكتفي في هذا المخلص بذكر بنت الماء وطريقة الرسم ومن اراد الاطلاع على باقى الطرق فعليه بالمطولات

* (المبحث الاول في بنت الماء) *

بنت الماء جهاز صغير يستعمل لتقدير عدد اهتزازات الجسم الرنان في زمن معلوم وقد أطلق مخترعها هذا الاسم عليها لانه يحدث عنها أصوات تحت الماء وشكل ١٠٢ يبين بنت الماء موضوعة على صندوق الكبر وشكل ١٠٣ و ١٠٤ يبينان تفاصيلها الباطنية ففي الجزء السفلى من هذه الآلة المتخذة من النحاس علبة اسطوانية ومغطاة بصينية ثابتة - مرتكزة عليها ساق رأسية مثبت عليها قرص الذى يدور بلا عائق بدوران الساق ومصنوع فى صينية - ثقوب مستديرة على أبعاد متساوية ويوجد فى قرص ١ عدد من الثقوب مساو لما فى الصينية ومثلها فى السعة والبعد من المركز وهذه الثقوب ليست عمودية على سطح الصينية والقرص بل جميعها ماثل بمقدار واحد فى الصينية والقرص ويكون اتجاهها فى القرص مخالفا لاتجاهها فى الصينية بحيث متى تحازت ثقوب القرص مع ثقوب الصينية كانت مرتبة كما يظهر من شكل ١٠٤

الذى



الذى يرى قطاع قرصى ا و ب على حسب الثقبين الباطنين عند تقاطعهما وينتج من هذا الوضع أنه متى وصل تيار سريع من الهواء بواسطة المنفاخ في العلبة الاسطوانية وفي ثقب م قرع بانحراف جدران ثقب ه وأحدث في قرص ا حركة دوران في اتجاه ا ه

ولاجل ايضاح سرعة تحرك بنت الماء نفرض أولا أن القرص المتحرك ا فيه ١٨ ثقباً والصينية الثابتة ب ليس فيها الا ثقب واحد وقد انطبق على أحد الثقوب العليا فاذا دق هواء المنفاخ جدران هذا الثقب الاخير دقاً مماثل لدار القرص المتحرك وسد الجزء المصمت الكاش بين كل ثقبين متواليين ثقب الصينية السفلى لكن باستمرار القرص على التحرك بالنظر لسرعته المكتسبة يتحاذى ثقبان آخران وينشأ عن ذلك حركة جديدة وهكذا وبهذه الكيفية يفتح الثقب السفلى ١٨ مرة وينغلق كذلك مدة دوران القرص دورة كاملة وينتج عن ذلك عدة حركات وسكات توجب اهتزاز الهواء وتحدث الصوت متى كانت الحركات المتوالية سريعة جداً واذا فرض أن الصينية الثابتة ب فيها ١٨ ثقباً كالقرص المتحرك حدث عن كل ثقب منها ما يحدث عن الثقب الواحد ويصير الصوت حينئذ أشد وأقوى ثماني عشرة مرة لكن لا يزداد عدد الاهتزازات

(١٣٤)

ولاجل معرفة عدد الاهتزازات الموافقة لصوت صادر عن الآلة مدة حركة دورانها يلزم معرفة مقدار عدد دوران قرص ١ في الثانية ولاجل ذلك يوضع على الساق ت برمة تنقل الحركة الى طارة آ ذات ١٠٠ سنة وهذه الطارة التي تتقدم بسنة واحدة في كل دورة من دورات القرص تحمل وتد ب الذي يقدم في كل دورة لهذه الطارة سنة واحدة من طارة ثانية ب تشاهد مكبرة في شكل ١٠٣ وكل من محور هاتين الطارتين يحرك عقربا على وجه ساعة مبين في شكل ١٠٢ وهذان العقربان يبين أحدهما عدد دورات القرص ١ والاخر مشات الدورات وفائدة زرى د ث تقديم الطارة الصغيرة أو تأخيرها عن البرمة بحسب الارادة وحيث ان الصوت يرتفع كلما زادت حركة القرص ١ فيكفي تقوية هواء المنفاخ ليتوصل الى احداث صوت محدود في الآلة ويستمر حينئذ نفس تيار الهواء زمنا معيننا كعشرين دقيقة مثلا ثم يقرأ على وجهى الساعة عدد الدورات التي دارها القرص وبضرب هذا العدد في ١٨ وقسمة الناتج على عدد الثواني وهو ٢٠ يدل خارج القسمة على عدد الاهتزازات المزدوجة في الثانية

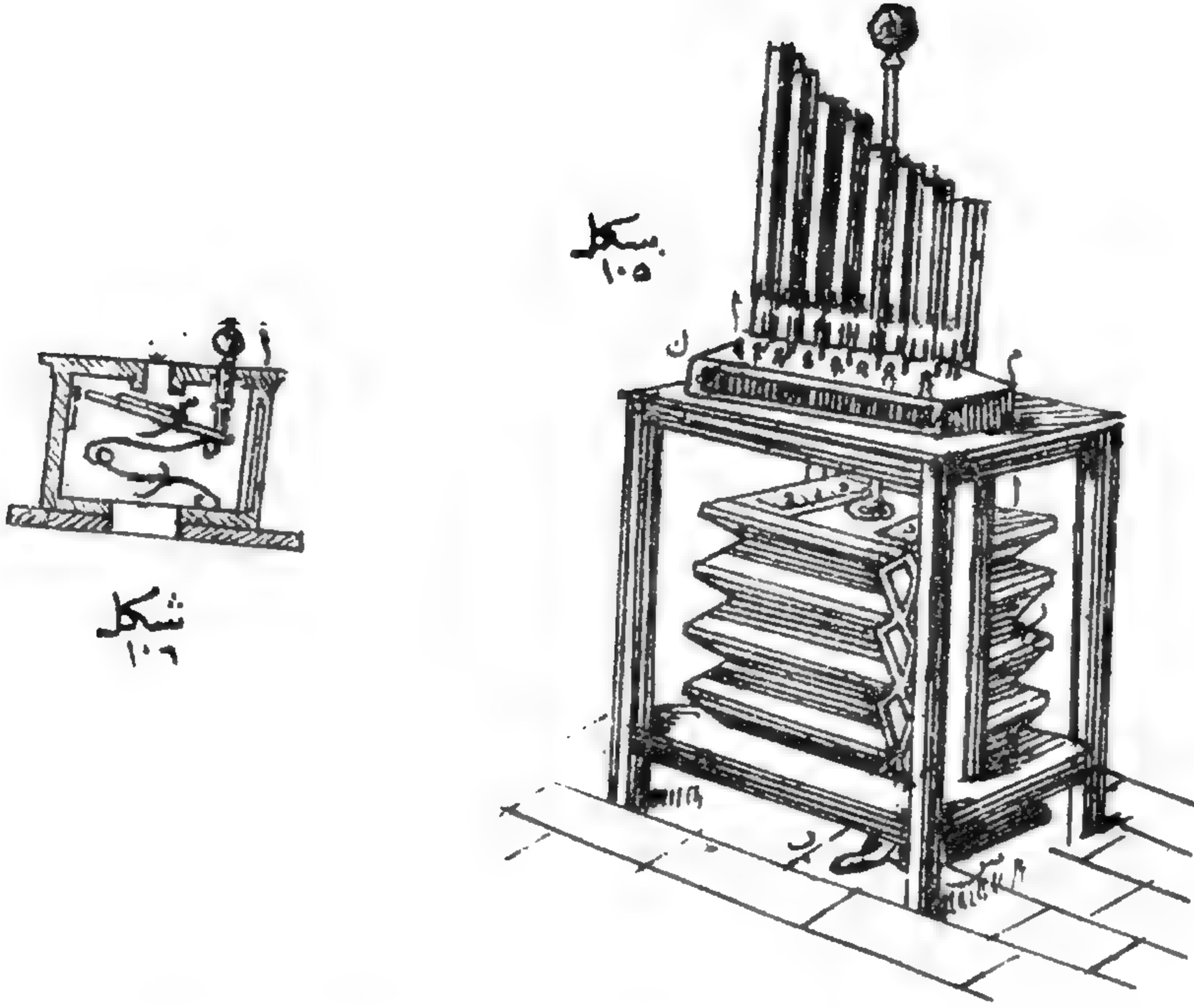
وبمثل هذه السرعة تحدث بنت الماء صوتا في الماء عين الصوت الذي تحدثه في الهواء ويحدث كذلك من جميع الغازات وهذا يدل على أن الصوت المحدود يتعلق بعدد الاهتزازات لا بطبيعة الجسم الرنان

(المبحث الثاني في الكبير)

الكبير آلة تستعمل لتوليد الصوت في الانابيب ويتركب من منفاخ متين س موضوع بين أربع قوائم طاولة من خشب يتحرك بالرجل بواسطة قطعة من الخشب ب شكل ١٠٥

والهوام المدفوع بالمنفاخ يتجمع في مستودع من المجلد ر كبير الليفية ينتفخ بمجرد وصول الهواء اليه ثم بانضغاط الهواء بواسطة صفيحتين من الرصاص يثقلان على المستودع يمر الهواء من انبوبة ا في صندوق م من الموضوع على الطاولة ومنه يتوزع في الانابيب المختلفة الموضوعة هي عليه ولجل ذلك تكون الثقوب التي توضع فيها الانابيب مغلقة بهمامات س شكل ١٠٦

تمنع

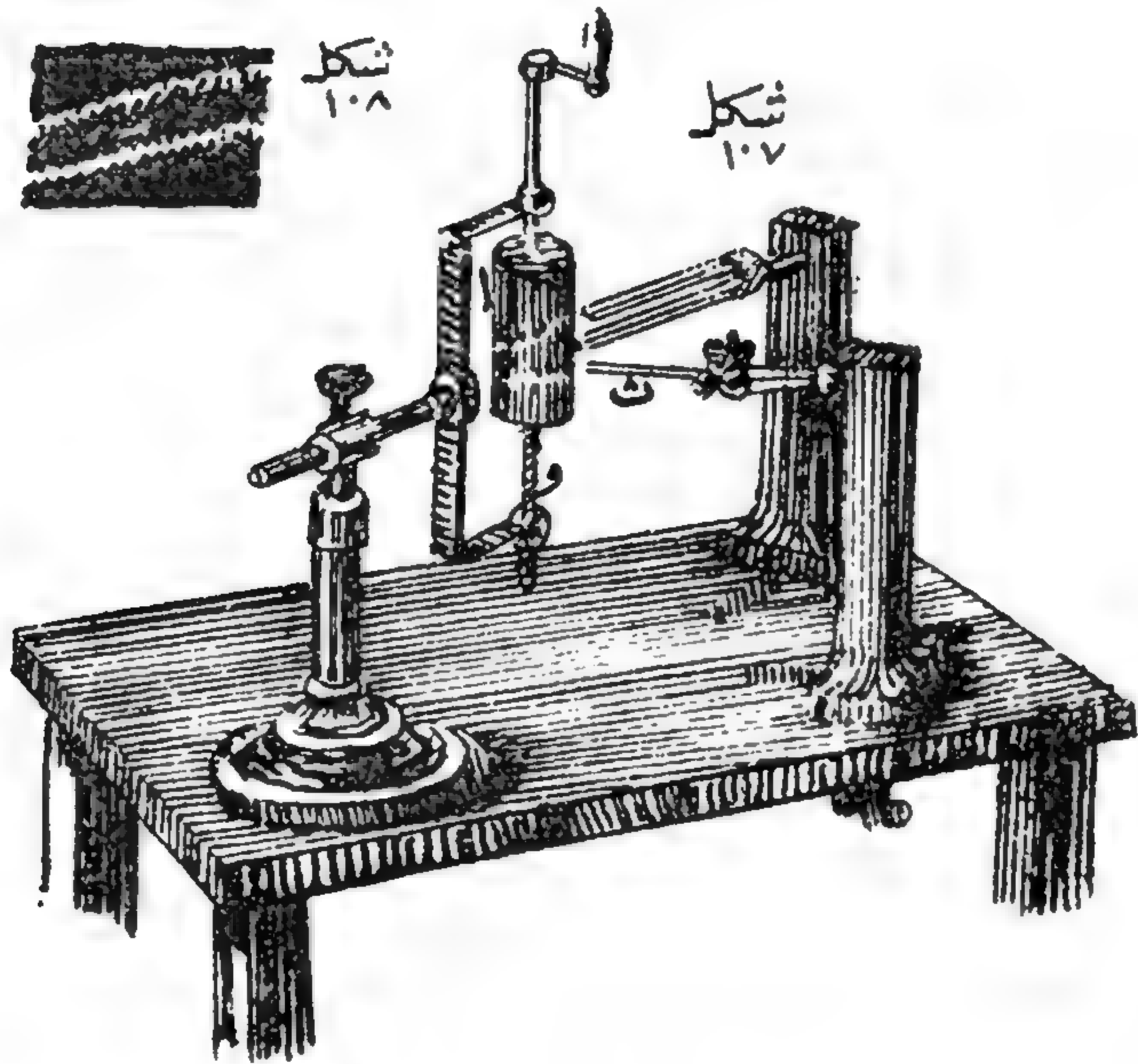


تتمتع مرور الهواء لكن أمام كل أنبوبة قطعة من الابنوس أو العاج ا تفتح الصمام
بمجرد الاتكاء عليها باليد فيمر الهواء وأسفل الصمام زنبك من سلك حديد ر يرفعه
بمجرد انقطاع الاتكاء على القطعة الابنوس

* (المبحث الثالث في طريقة الرسم) *

يصعب باستعمال بنت الماء أو عجالة ساورت تعيين الاهتزازات بالضبط المقابلة
لصوت معلوم لانه يلزم صيورتها متحدة مع هذا الصوت أى موافقة له وهذا يستدعي
أذنا متعودّة وطريقة الرسم المنسوية الى وييرليس فيها تلك الصعوبة وغايتها
أن يثبت على جسم رنان قلم خفيف يرسم اهتزازاته على سطح معدّ لذلك والجهاز الاتي
الذي اخترعه دو هاميل يتركب من أسطوانة ا من الخشب أو من معدن مثبتة
في محور رأسي و كافي شكل ١٠٧

وهذا المحور يدور بواسطة ذراع وبدوران الجهاز في جهة أو في أخرى يكتسب حركة من أعلى إلى أسفل أو من أسفل إلى أعلى بواسطة خطى برمة كائنة على نفس المحور ومارة في أنش البرمة وملفوف حوالى الاسطوانة فرخ من الورق عاينه طبقة خفيفة من النيلى غير ملتصقة به عليها ترسم الاهتزازات ولاجل ذلك فليكن الجسم الرنان مثلاً صفيحة مرنة ث مثبتة من أحد طرفيها ثمية اقويا ويثبت في طرفها الآخر قلم خفيف يلامس سطح الاسطوانة مدة دورانها فإذا دارت الاسطوانة بدون أن تهتز الصفيحة رسم القلم بالابيض على الطبقة السوداء رسماً حلزونياً منتظماً لكن إذا اهتزت الصفيحة كان الرسم متموجاً ويكون التموج كثيراً كلما كثرت اهتزازات الصفيحة ولم يبق الاتعنين زمن الاهتزازات ويمكن الوصول إليه بجملة كيفيات أبسطها مقابلة الانحناءات المرسومة بالصفيحة المهتزة بالانحناءات المرسومة بالآلة المعروفة بالديابازون التي تعطى في الثانية الواحدة عدداً معلوماً من الاهتزازات (٥٠٠ مثلاً) وحيث أن أحد طرفي الديابازون متصل أيضاً بقلم خفيف فيجعل هذا القلم ملاصقاً للنيلى ثم تهتز الصفيحة والديابازون في آن واحد فيرسم القلمان حينئذ حلزونين متموجين لم يكنهما غير متساويين فإذا بسط الفرخ الورق كما في شكل ١٠٨



(١٣٧)

وقبل عدد الاهتزازات المناسبة على الانحنائين يستنتج بسهولة عدد اهتزاز الصفحة في الثانية الواحدة ولنفرض مثلاً أن ١٥٠ هزة للديابازون تقابل ١٦٥ هزة للصفحة وحيث أن كل هزة من الديابازون مفروضة $\frac{1}{16}$ من ثانية فالمائة والنخسون هزة تقابل $\frac{1}{16}$ من ثانية ويكون حينئذ في $\frac{1}{16}$ من ثانية قد فعلت الصفحة ١٦٥ هزة وبناء على ذلك في $\frac{1}{16}$ من ثانية تفعل الصفحة $\frac{1}{16} \times 160$ أو ٥٥.

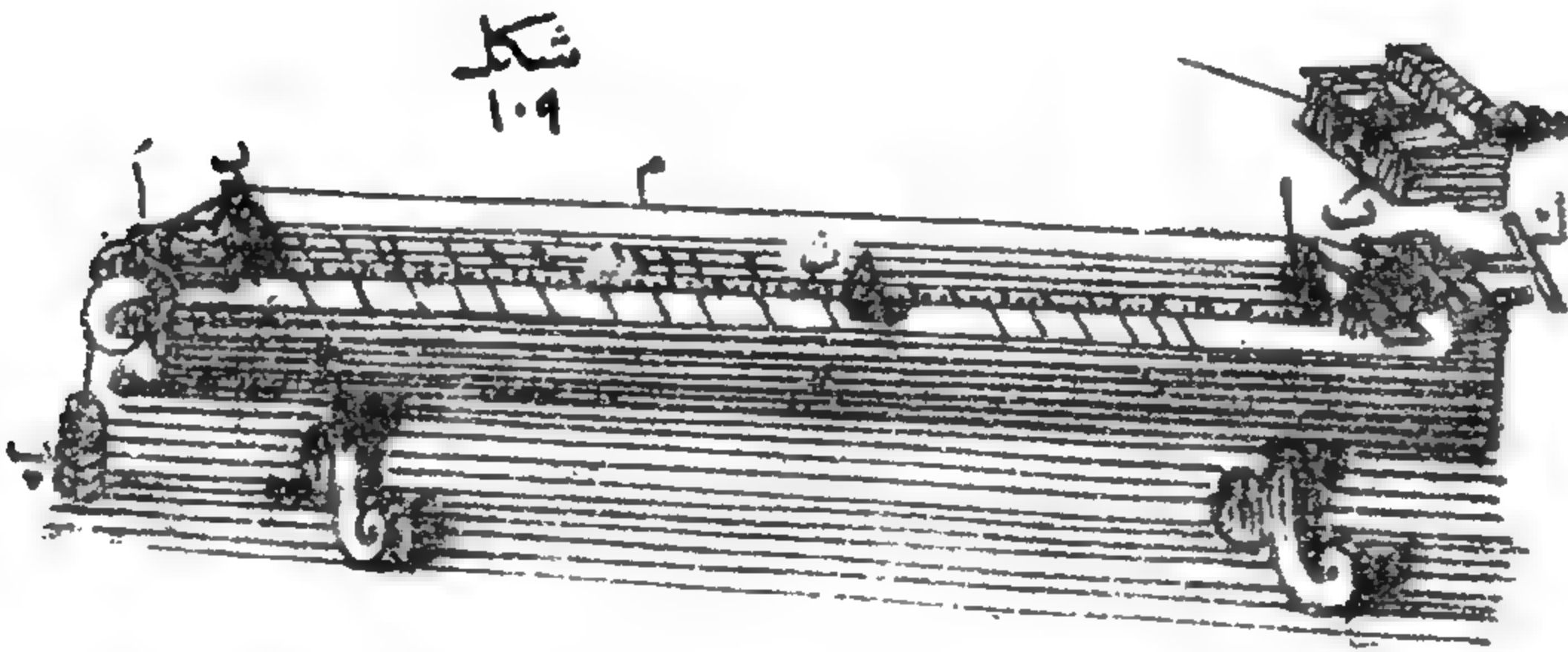
(الفصل الثالث في اهتزاز الأوتار وفيه مباحث)

(المبحث الأول في الاهتزازات العرضية للأوتار)

الأوتار في فن السماع أجسام خيطية من معدن أو من أمعاء تكسب مرونتها بالتوتر ويمز في الأوتار نوعان من الاهتزازات أحدهما بالعرض أي عمودي على الأوتار والثاني بالطول أي في اتجاه طولها أما الأولى فتحدث بواسطة قوس كافي الزاوية أو بعنفق الأوتار وزعزعتها كافي القيثارة وأما الاهتزازات الطولية فتتولد بذلك الأوتار على اتجاه طولها بنقرة ذرغ عليها من مسحوق القلفونيا

(المبحث الثاني في مقياس الصوت)

ميزان الصوت جهاز يستعمل لدراسة الاهتزازات العرضية للأوتار ويسمى أيضاً بذي الوتر لأنه لا يحمل الأوتار واحداً في الغالب ويتركب هذا الجهاز من صندوق رقيق من الخشب معد لتقوية الصوت وعلى هذا الصندوق مشطان ثابتان أوب شكل ١٠٩



بعد أحدهما عن الآخر مترو بين المشطين خط منقسم ميليمترات ومرسوم على الصندوق على يمين وشمال هذا الخط تقسيمان أحدهما يدل على العلامات الموسيقية الأصلية والثاني على علامات الاهوية المعتدلة المتفرعة من الأصلية ثم يمر على المشطين وتران أحدهما م يلف من طرفه على مسماراً من حديد ثابت ومن الطرف الثاني على مسمار ب المربوط في برمة أفقية تتأخر كثيراً وقليلاً بدوير ثقب ك الذي فيه تمر البرمة بحيث يتوتر الخيط على حسب الإرادة والوتر الثاني مثبت بالكيفية المذكورة من طرفه ر وطرفه الآخر يمر على بكرة ويتوتر بوزنات ب من رصاص تزداد إلى أن يصل هذا الخيط إلى التوتر المطلوب وبالمجالة من مشط متحرك ث ينقل على الوتر ليتغير طوله

فالوتر الأول م يوتر إلى أن يعطى صوتاً معلوماً تقابل به الأصوات التي يعطيها الوتر الثاني كلما زاد توتره أو قصر

والأوفق أن يمر كل من الوترين على بكرة وحينئذ يكونان موترين بائقاً متساوية وفي نسبة معلومة

* (المبحث الثالث في قوانين الاهتزازات العرضية للأوتار) *

ظهر من الحساب والتجربة أن الاهتزازات العرضية منقادة للقوانين الآتية القانون الأول إذا كان وتر الوتر ثابتاً كان عدداً اهتزازاته في الزمن الواحد على حسب عكس طوله فإذا فرض أن وتره أطول مما يهتز مرة واحدة في زمن معين وقصر طوله بواسطة المشط تدريجاً بحيث يرجع إلى النصف أو الثلث أو الربع وهكذا صار عدد اهتزازاته في الزمن نفسه ٢ ، ٣ ، ٤ وهكذا

القانون الثاني إذا تساوت الأوتار طولاً ومادة وتوتراً كان عدداً اهتزازاتها على حسب عكس أنصاف أقطارها فإذا وتر على مقياس الصوت وتران من مادة واحدة كن نحاس أو صلب ذوات وتر واحد بطول واحد لكن قطر أحدهما ضعف قطر الثاني فإن أرفعهما يهتز في الزمن نفسه أكثر من اهتزاز أغلظهما بمرة

القانون الثالث أن عدداً اهتزاز الوتر الواحد يكون متناسباً مع جذر مربع الثقل المتوتر به فإذا كان وتر موتر أثقل مما يهتز مرة واحدة في زمن معين وجعل هذا الثقل أكبر

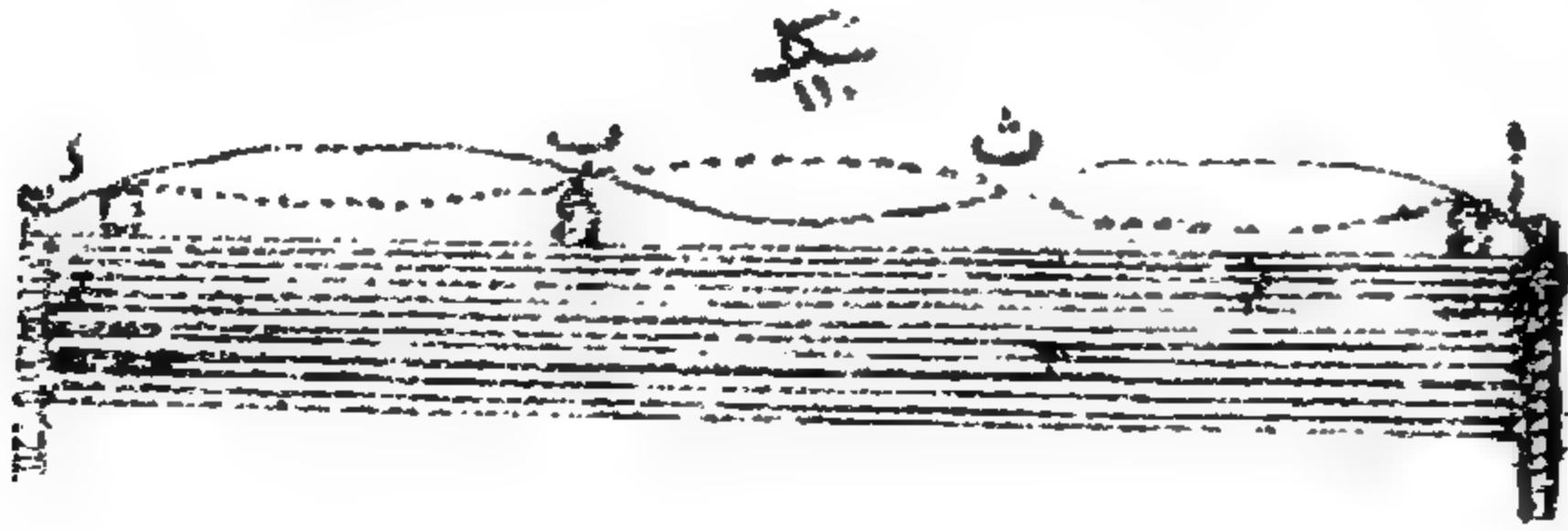
* (١٣٩) *

من الاول بأربع مرات أو تسعة أو ستة عشرة مرة صار عدد الاهتزازات في الزمن نفسه ٢ و ٣ و ٤

القانون الرابع اذا تساوت الاوتار واختلفت في الكثافة أي المادة كان عدد اهتزازات الوتر على حسب عكس جذر مربع كثافته فاذا ثبت على مقياس الصوت وتران متساويان القطر والطول والوتر لكنهما مختلفا الكثافة بان كان أحدهما من أمعاء وكثافته مقدرة بواحد والثاني من نحاس وكثافته مقدرة بتسعة فان وتر الأمعاء يهتز في الزمن نفسه عددا من الاهتزازات أكثر من عدد اهتزازات الوتر النحاس بثلاث مرات وتوجد هذه القوانين مستعملة في الموسيقى في آلات ذوات الاوتار التي فيها يهتز طول وقطر وتوتر وطبيعة الاوتار بحيث يتحصل منها هواء كذا أو كذا

* (المبحث الرابع في العقد والخطوط العقدية) *

متى اهتز جسم فلا تهتز جميع أجزائه فقط بل تنقسم الى عدة أجزاء متداخلة يهتز كل منها باهتزاز مخصوص ويوجد بين هذه الأجزاء نقط أو خطوط تهتز أقل من غيرها تعتبر كأنها ساكنة بالنسبة لغيرها فهذه النقط أو الخطوط هي التي تسمى بالعقد والخطوط العقدية وتسمى الأجزاء المهتزة المنحصرة بين عقدتين أو خططين عقديين بالانحناء ويسمى وسط الانحناء بالبطن وهو الجزء الذي تصل فيه السعة القوسية الى نهايتها ولاجل اظهار العقد والبطون في الاوتار يثبت أحدها من طرفيه ويمر تحتها بمشط صغير يثبت على التوالي في ثلث الوتر ثم في ربه ثم في خمسة فان كان المشط مثبتا في ثلث الوتر كما هو مبين في شكل ١١٠



وهو جزء ب د بواسطة قوس انقسم الجزء الثاني اب الى قسمين اث و تب يهتز كل منهما على حدة وتبقى النقطة ث كأنها

ثابتة ويتحقق ذلك بوضع قصاصات صغيرة من الورق واحدة في النقطة ث وواحدة بين ب و ث والثالثة بين ث و ا فاما القصاصة التي في ث فلا يحصل لها الاضطراب خفيف زمن سقوط الاثنين الاخرين بعيدا وحينئذ فقد حدثت عقدة في النقطة

* (١٤٠) *

الاولى وبطنان في النقطتين الاخيرتين وان كان المشط في ربع الوتر حدث بين
اوب عقدتان وثلاثة بطون كما في شكل ١١١

وان كان في خمسة
حدث بين النقطتين
المذكورتين ثلاث عقد
وأربعة بطون وهلم جرا
وتحدث نفس هذه



الظاهرة في جميع الاجسام المهتزة سواء كانت ألواحاً أو قضباناً أو أنابيب صوتية

* (الفصل الرابع في اهتزاز الهواء في الانابيب الصوتية وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في الانابيب الصوتية) *

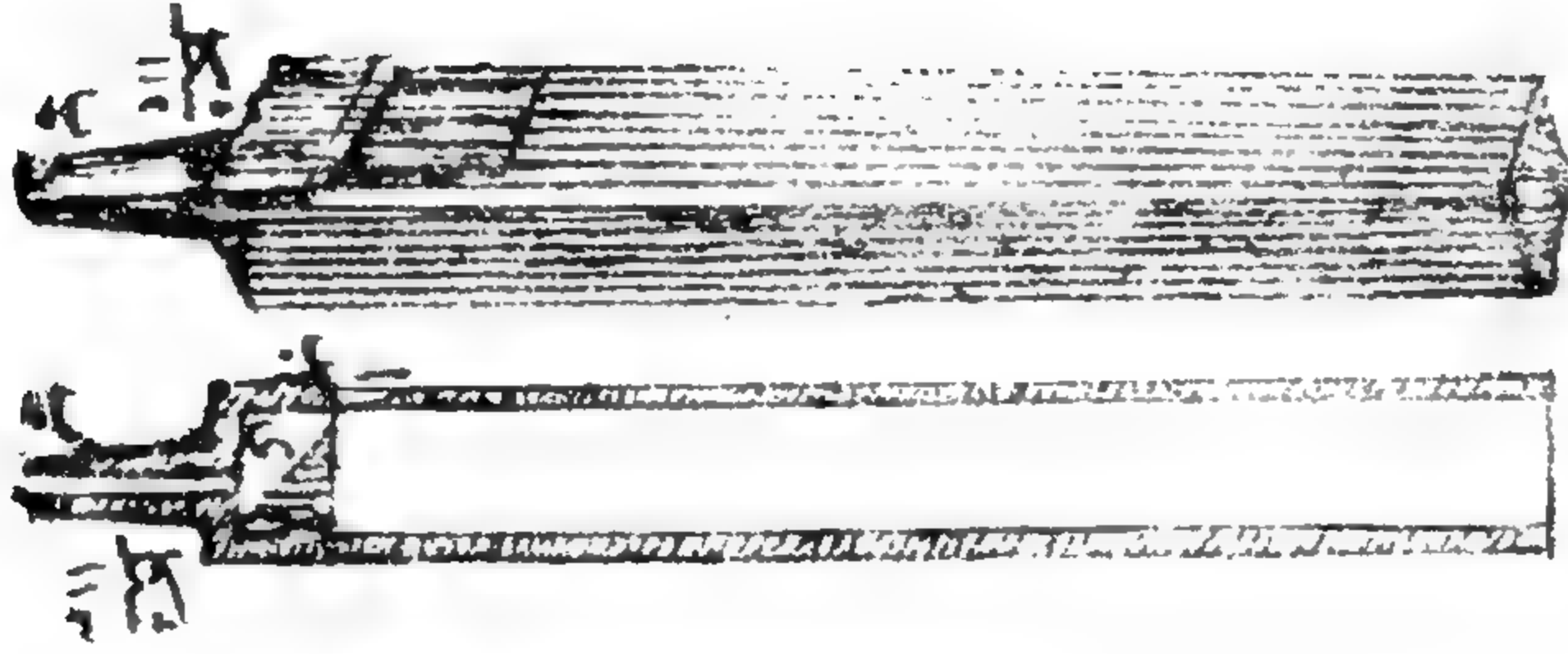
الانابيب الصوتية هي أنابيب مجوفة تتولد الاصوات فيها باهتزاز عمود الهواء المنحصر فيها
وتولد الصوت في الآلات الممتدة الى هنا ينشأ عن اهتزاز الاجسام الصلبة وليس الهواء
فيها الا موصل فقط وأما في الآلات الهوائية التي تكون جدران أنابيبها ذات مقاومة
كافية فعمود الهواء المنحصر في هذه الانابيب هو وحده الجسم الصوتي
ومن المحقق أن مادة الانابيب ليس لها تأثير على الصوت وكذا تساوى أبعادها سواء
كانت من الخشب أو البلور أو من معدن وانما الصوت هو المتنوع فقط
فاذا لم يفعل الا النفخ في الانابيب فلا يتولد فيها صوت بل يتحرك الهواء فقط حركة تأخذ
في التقدم مع الاستمرار ولاجل تولد الصوت بأي واسطة كانت يلزم أن يحدث في الهواء
تكاثف وتخلخل سريعان متعاقبان ينتشران في جميع عمود الهواء المنحصر في الانبوبة
ولذلك يلزم أن يعطى طرف الانبوبة الواسل منه الهواء شكلاً وافقاً بحيث لا يمكن
دخول الهواء الممتد على ليس مستمراً وتنقسم الانابيب الصوتية بالنظر الى كيفية
اهتزاز الهواء فيها الى أنابيب ذوات مبسم وانابيب ذوات ريش والمراد بالريشة هنا لسان
بالوص المزمار

* (المبحث الثاني في الانابيب ذوات المبسم) *

جميع أجزاء المبسم في هذه الانابيب ثابتة وتلك الانابيب تكون من خشب
أو من معدن منشورية الشكل أو اسطوانية ذات طول عظيم بالنسبة لقطرها
وشكل

* (١٤١) *

شكل ١١٢ يوضح لنا الانبوبة ذات المبسم وشكل ١١٣
يريه سامة مقطوعة بالطول وفي هذه الانبوبة يسمى الجزء السفلي بـ الآتى منه الهواء
بالقاعدة ويستعمل لتثبيت الانبوبة على الكبر كما في شكل ١١٤ الآتى



وبعد خروج الهواء من القاعدة يمر في فتحة طولية ضيقة ي ومصنوع في الجدار
المقابل لهذه الفتحة فتحة بالعرض هي المبسم وحافتها المبرية كالقلم هي الشفة العليا
والحافة ب هي الشفة السفلى

اذا تقرر ذلك فعمود الهواء المسار بواسطة القاعدة يتجزأ على حافة الشفة العليا وينضغط
فيها ثم يؤثر ثانياً بفعل المرونة على تيار الهواء المستمر للورود ويوقفه لكن لا يحصل هذا
الوقوف الا زمناً قصيراً جداً لان الهواء يتصاعد من المبسم ويحمل تيار الهواء الآتى
من القاعدة محله وهكذا في جميع مدة زمن مرور الهواء وينتج عن ذلك دفعات تنقل
لهواء الانبوبة وتولد فيها جلة أنصاف موجات رنانة متكاثفة ومتخلخلة على التعاقب
وتكون هذه الموجات أكثر سرعة كلما كانت سرعة تيار الهواء عظيمة وكانت
الشفة العليا أكثر قرباً من الفتحة الضيقة ولاجل أن يكون الصوت خالصاً
توجد نسبة بين تنظيم الشفة وفتحة المبسم وعظم الفتحة الطولية الضيقة وبالجمله
فينبغي أن يكون للانبوبة طول عظيم بالنسبة لقطرها

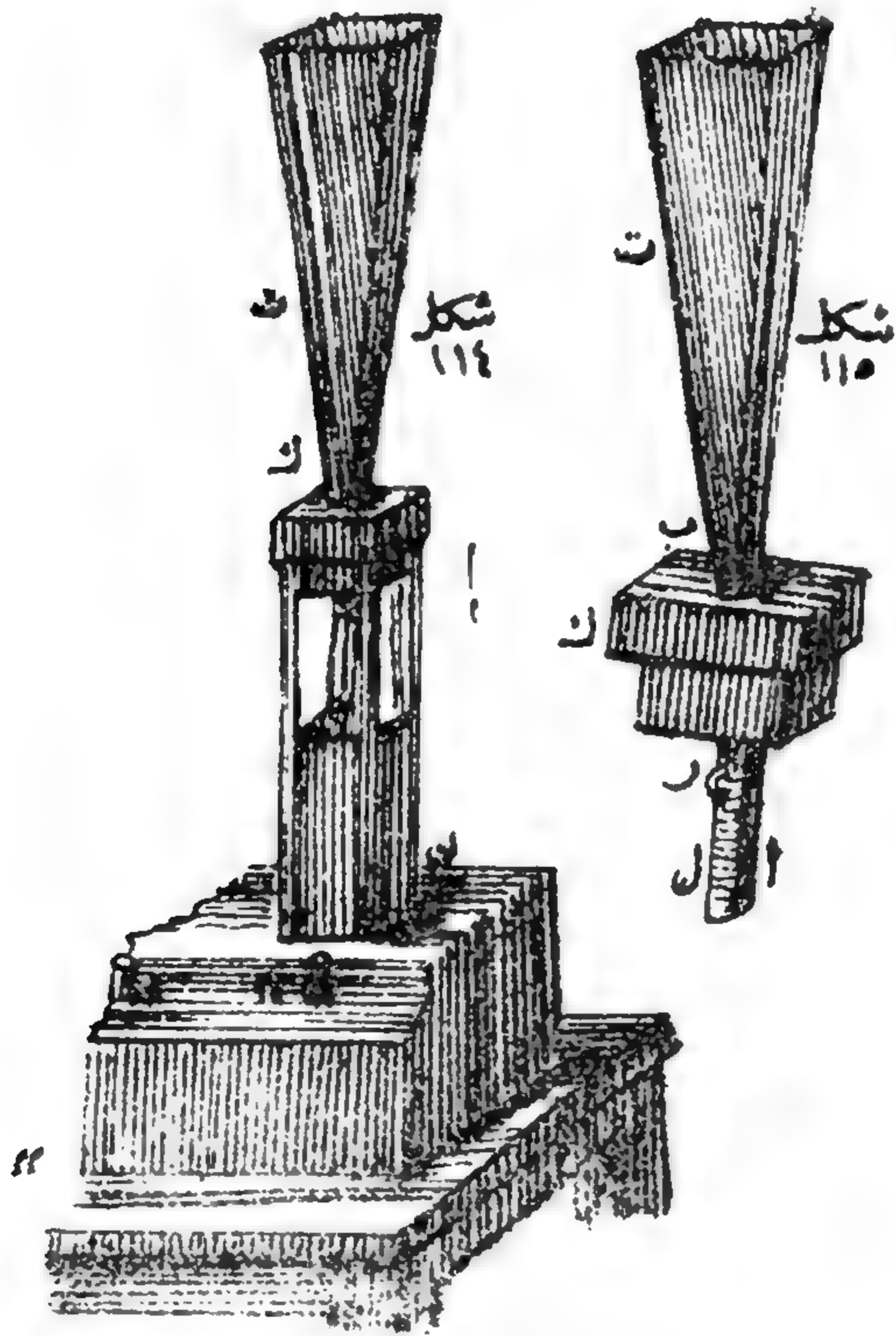
ففي المزمار العرضي يكون الطرف الوارد منه الهواء فتحة بسيطة جانبية مستديرة وانما
بالتنظيم الذي يعطى للشفة يكون تجزى تيار الهواء المدفوع على حوافي هذه الفتحة
ومثل ذلك يحصل في مزمار بان وفي المفناح الا ان الذي يصفر به وغيره

* (١٤٢) *

* (المبحث الثالث في الانابيب الانشبية أى ذات الريش) *

يتمزج عمود الهواء في هذه الانابيب بواسطة صفائح مرنة تسمى ريشا وتنقسم هذه الريش الى قارعة وخالصة

الريش القارعة تتركب هذه الريش من قطعة خشب أو معدن ا شكل ١١٥ تسمى مجرى محفورة في اتجاه طولها على شكل ملعقة ومثبتة في نوع سدادة ك مثقوبة تقبلي وصل قناة المجرى بالانبوبة الطويلة ت والمجرى مغطاة بصفيحة من النحاس الاصفر ل تسمى باللسان وهذا اللسان يكون في وضعه المعتاد متباعدة قليلا من حافة المجرى لكن حيث انه كثير السلاسة فيمكنه أن يقرب منها بسهولة ويغلقها وينتظم تباعده عنها بواسطة الطرف السفلي المنحني للسلك الحديد ب ر وبإدخال طرف السلك كثيرا أو قليلا يقصر أو يطول المجرى المهتز من اللسان وبهذا يزيد أو ينقص عدد الاهتزازات والريشة موضبة أعلى أنبوبة قائمة الزوايا ك ن شكل ١١٤

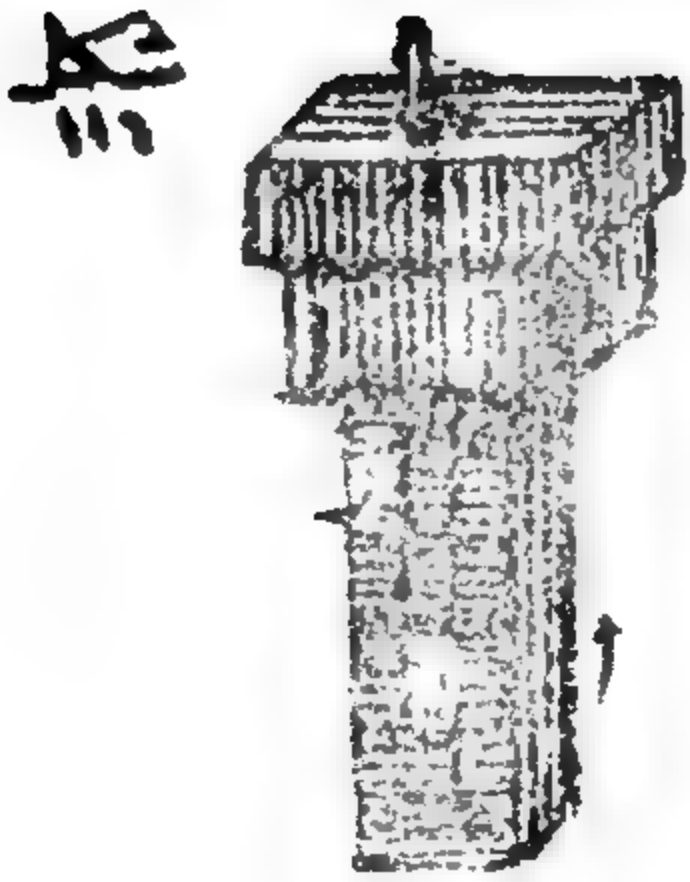


وهذه

* (١٤٣) *

وهذه الأنبوبة مغلقة من جميع جهاتها ما عدا قاعدتها التي تثبت على الكبر
ولاجل مشاهدة اهتزازات اللسان في دروس الطبيعة يكون جزء جدار الأنبوبة
المذكورة المقابل للريشة من زجاج وهذا التوضيح هو المبين في شكل ١١٤ المتقدم
حتى أدخل الهواء في الأنبوبة من أولها بين اللسان والمجرى ليصعد في الأنبوبة ت لكن
بتزايد سرعة تياره يقرع اللسان حوافي المجرى ويغلقها بالكلية فيمتنع مرور التيار
ثم بالنظر لمرونة اللسان يرجع ثانياً على نفسه ثم يجذب ثانياً بمجرد مرور التيار
وهكذا بحيث أن الهواء لا يمر من الأنبوبة القائمة الزوايا إلى أنبوبة ت الامتصاص
وتحدث في أنبوبة ت عين الدفعات التي تحدث في الأنبوبة ذوات المباسم وينشأ عن
ذلك صوت كثير الارتفاع أو قليله كلما كان تيار الهواء سريعاً

الريش الخاصة اخترع جيمى سنة ١٨١٠ نوع ريش يسمى بالريش الخاصة
لان اللسان فيها عوضاً عن أن يقرع حوافي المجرى كما في الريش المتقدمة يدخل
في المجرى متقارباً جداً من حوافيها بحيث يتحرك إلى الداخل وإلى الخارج وشكل ١١٦
يبين ريشة من هذا النوع والمجرى هنا عبارة عن صندوق
صغير من الخشب ا حافته الباطنية صفحية من النحاس
الاصفر وفي وسطه فتحة طولية في باطنها اللسان ل الذي
يتحرك خالصاً من الأمام إلى الخلف ليعطي طريقاً لتيار الهواء
الذي أوقفه عند مروره بين جدران الفتحة الطولية في كل
مرة وسلك ر يستعمل أيضاً لتنظيم طول الجزء المهتز من
اللسان فاذا كانت الريشة موضوعة في أنبوبة ت ن و مر
تيار الهواء في الأنبوبة المذكورة اندفع اللسان وانحنى من
الخارج إلى الداخل وترك الهواء يصعد في أنبوبة ت لكن



يرجع اللسان ثانياً على نفسه بالنظر لمرورته يحدث جملة اهتزازات تجعل المجرى
ينفتح وينغلق على التعاقب وتعمل تيار الهواء ممتعة قطعاً وينشأ عن ذلك موجات رنانة
تحدث صوتاً يزداد ارتفاعه مع ازدياد سرعة التيار وتتم الكلام على الأنبوبة
الصوتية المذكورة في المطولات

* (الفصل الخامس في اهتزاز القضبان والصفائح والالواح والاعشبة وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في اهتزاز القضبان والصفائح) *

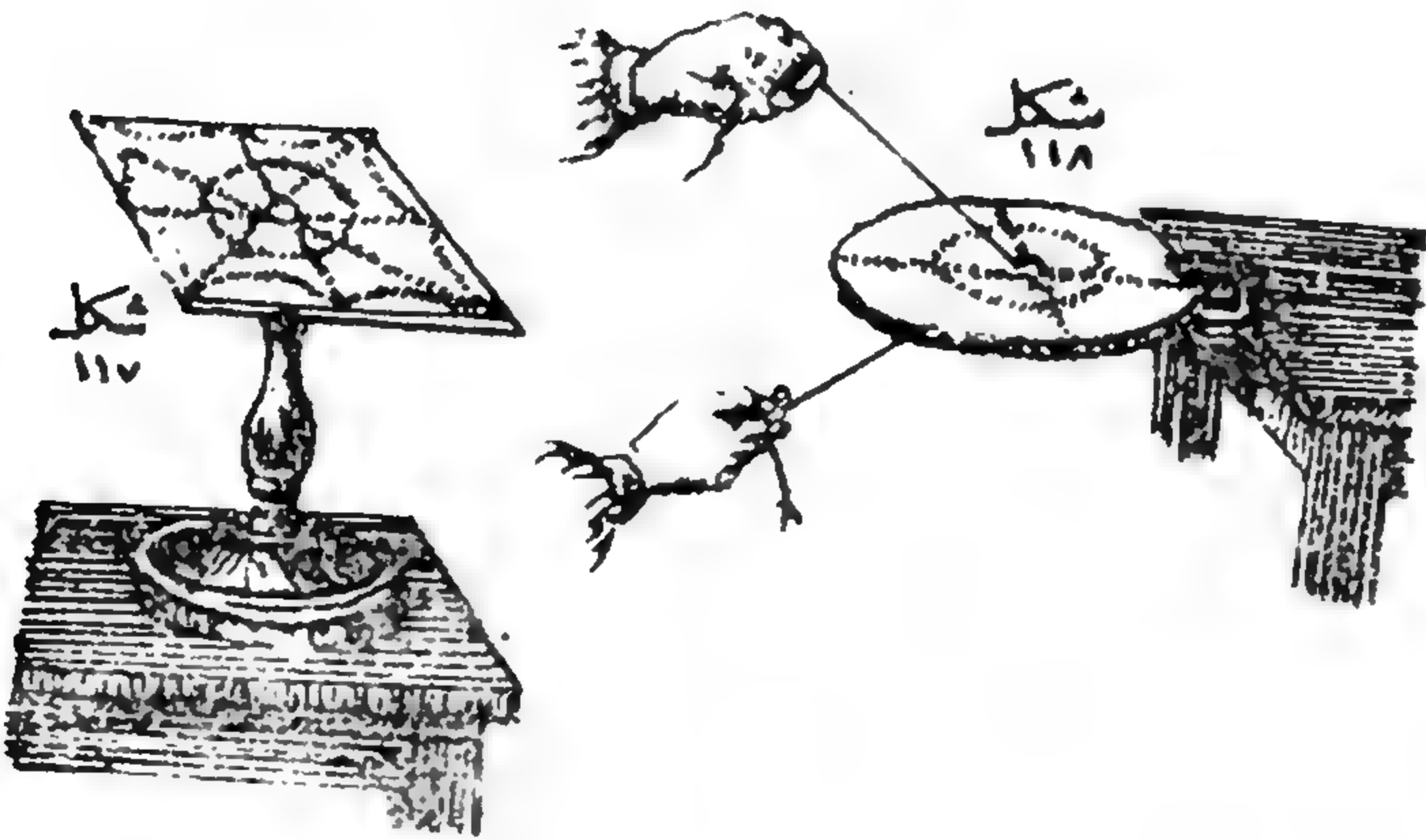
القضبان والصفائح الرقيقة سواء كانت من الخشب أو الزجاج أو من معدن
وخصوصا الصلب المسقى تهتز بالنظر لمرورها وتعطى كالأوتار نوعين من الاهتزازات
الأول العرضية والثاني الطولية وتولد الأولى بتثبيت القضبان أو الصفائح من
طرفها وإمرار القوس على الجزء السائب

وتحدث الاهتزازات الطولية في قضيب بتثبيته من أحد طرفيه وذلك في اتجاه
طوله بقطعة من الجوخ مبتلة أو ذر عليها مسحوق القلافونيا وعلى كل فلا يتحصل
في هذه الحالة الأخيرة صوت إلا إذا كانت نقطة القضيب الثابتة في وسطه أو ثلثه
أوربعه

ويوضح بالحساب أن عدد الاهتزازات العرضية للقضبان والصفائح المتحدة الطبيعية
يدون على حسب النسبة الطردية لثخانتها وعلى حسب النسبة العكسية لمربع أطوالها
وعرض الصفائح ليس له تأثير على عدد الاهتزازات التي تحدثها وإنما يغير القوة اللازمة
للاهتزاز فقط وفي القضبان المرنة المتحدة الطبيعية يكون عدد الاهتزازات الطولية على
حسب عدس أطوالها مهما كان قطرها وشكل قطاعها العرضي

(المبحث الثامن في اهتزاز الألواح)*

متى أريد اهتزاز لوح فإنه يثبت من مركزه كما في شكل ١١٧
ويعبر بالقوس على حافته مع الاتسك أو يثبت من أي نقطة من سطحه ويحرك من مركزه
المنقوب بفتحة يفعل فيها ذلك بواسطة شعرمطلى بالقلافونيا كما في شكل ١١٨



والألواح

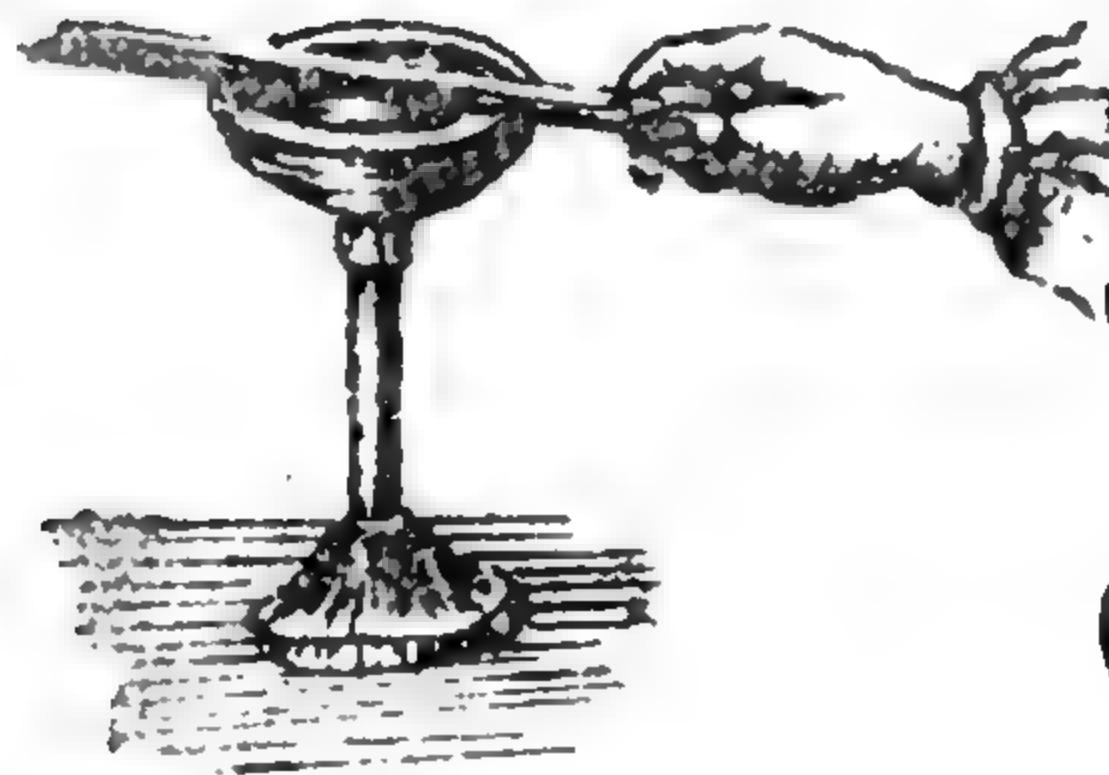
والألواح المهتزة تظهر خطوطاً عقديّة تتغير بعدد أوضاعها وعلى حسب شكل الألواح ومرتبتها وكيفية الاهتزاز وعدد الاهتزازات وتسمى الخطوط العقدية ظاهرة بتغطية الألواح بطبقة خفيفة من الرمل قبل اهتزازها فيمجرد حدوث الاهتزاز يترك الرمل على الأجزاء المهتزة ويجمع على الخطوط العقدية كما في شكل ١١٧ و ١١٨ المذكورين ويتعين وضع الخطوط العقدية على حسب الإرادة بلمس الأجزاء التي يقصد حدوثها فيها ويكون عددها هذه الخطوط كثيراً كلما كان عدد الاهتزازات كثيراً أعني كلما كان الصوت المتولد بالألواح أكثر حادة

واهتزازات الألواح منقادة للقانون الآتي وهو أن الألواح التي هي ذات طبيعة واحدة وشكل واحد وتعطى أشكالاً واحدة يكون عدد اهتزازاتها على حسب النسبة الطردية لثخانة الألواح لا على حسب النسبة العكسية لاسطحها

(المبحث الثالث في اهتزاز الأغشية)*

لبن الأغشية يمنعها من الاهتزاز إذا لم تكن مشدودة مثل جلد الطبول فإن كانت كذلك حدث عنها حينئذ صوت أكثر حدة كلما كانت صغيرة القطر وقوية التوتر واهتزاز الأغشية يكون بقرعها كما في الطبل أو بالتأثير وفي الواقع شاهدنا سورت اهتزاز الغشاء بتأثير اهتزازات الهواء مهما كان عددها هذه الاهتزازات بشرط أن تكون ذات شدة كافية وشكل ١١٩

شكل
١١٩



يبين غشاء مهتزاً بتأثير الاهتزازات الواصلة له من جرس رنان وبالرمل الناعم المنتشر على الغشاء يظهر تكوين العقد والبطون كما تظهر على الألواح

(المبحث الرابع في الصوت الحيواني)
الصوت لا يوجد إلا عند الحيوانات ذات الرئة كالحيوانات الثديية وغيرها

لأن الصوت إنما يتكون من اندفاع الهواء المنحصر في الرئة بواسطة العضلات الزفيرية فإنها كدفع في المنفاخ تكبس على الرئة فيندفع الهواء منها للخارج في القناة المسماة بالقصب

الرئوية التي هي متكونة من حلقات غضروفية منضمة لبعضها البعض بأغشية صغيرة لتتقبض وتنسبط فتعصر أو تطول وتضيق أو تتسع على حسب الإرادة وهذه القناة تنتهي إلى الأعلى بمتسع يسمى بالحنجرة مفتوح من سطحه العلوي بفوهة متجهة من الخلف إلى الامام تتمدد وتنضم شفتاها حتى تتلامسا وفي أعلاها قرب قاعدة اللسان طابق يسمى بطابق الحنجرة أو لسان المزمار مرتبط بمجرى من حافة المزمار فيرتفع وينخفض كي يسده عند الحاجة وبالجملة فالقصة الرئوية بمنزلة رسالة الهواء اسطوانة مرمارية تتمدد طولاً وعرضاً لتتكون عنادرجات الصوت وأنواعه من الثقيل جداً إلى الدقيق جداً وشفتا المزمار بمنزلة ريشتي بالوصيين سائبتين مرتين تتحركان وتهتزان على بعضهما لتولد عنهما الهزات الرنانة والذي يتوحد هذه الهزات بانخفاضه وارتفاعه على فتحة المزمار هو لسان المزمار وتتوحد الأصوات أيضاً برورها في الفم على حسب توسيعه وتضييقه واللهات المرتفعة خلف الحفر الأنفية تقسم الصوت المهتز وتحفظ منه جزءاً في تلافيف الخيشوم لتبقى غنة الصوت ولهذا يصير الصوت أحن إذا كان الأنف مسدوداً ويضيع أكثر الصوت فيمن كانت لهاته مفعودة أو مشقوبة ومما ثبت تولد الأصوات من المزمار فقد الصوت فيما إذا فتحت القصبة الرئوية من أسفل الحنجرة

* (المبحث الخامس في تكون السمع) *

آلة السمع في الإنسان في غاية الاتقان لأدراك الأصوات اذ هي مشتملة على الأذن الظاهرة التي هي الصيوان الذي يتلقف الأجزاء الهوائية الحاملة للأصوات والقناة المنحرفة التي هي الصمناخ وغشاء الطبلة المتصل بالصمناخ والمكون لسدادة فاصلة بين الأذن الظاهرة والباطنة وخلف هذا الغشاء مسافة تسمى بصندوق الطبلة يدها وبين الجزء الخلفي من الفم استطاراق بقناة تسمى بوق أو ستاك كيوس مغطاة بغشاء رخو مخاطي في جميع طولها منفعتها بتجديد الهواء في الأذن الباطنة ويوجد في صندوق الطبلة أربع عظيمات متصلة ببعضها على هيئة سلسلة متحركة أحدها طرفها مثبت في غشاء الطبلة والثاني في فتحة من الخلف تسمى الكوة البيضاء مغطاة بغشاء مخاطي أيضاً وبجانب الكوة البيضاء الكوة المستديرة مسدودة بغشاء أيضاً وفي باطن الجزء الصخري من العظم الصدغي تلافيف متعرجة مكونة للتيه الذي هو مكون من الدهايز الذي هو مسافة صغيرة ومن جزء ملولاب يسمى الحلزون ومن ثلاث قنوات صغيرة

صغيرة هلالية مملوأة من جواهر رخوة مجهول منفعتها والتيه كله مملوء بسائل ضروري للسمع بحيث لو انفجر غشاء أحد الكوتين وخرج منه هذا السائل لمحدث الصمم بخلاف غشاء الطبلة فإنه قد ينحرق ويبقى السمع وان كان مع بعض تغير فيه والحيوانات التي لها صيوان طويل متحرك جدًا يكون لها بمنزلة قرين سمعي لأنه يتلف أدنى دوى وغشاء الطبلة يتوتر بالعضلات المحركة للعظيما إذا تأثر من الهواء المحامل للاهتزازات الصوتية والهواء المنحصر في صندوق الطبلة معد لتوصيل الاصوات للاذن الباطنة ويقال ان العظيما الاربع منوطة بادراك الاصوات اللطيفة والفروق الواهية جدًا التي تقع بينها بدليل أنها إذا انمخت من داء نشأ عن ذلك فقد دقة حس السمع والاعصاب اللطيفة المنتشرة في جميع هذه الاجزاء هي التي تدرك بها الاصوات فهي المكونة لحس السمع

(الباب السادس في الحرارة وفيه فصول)

(الفصل الاول في التعريفات الاولية والترمومترات وفيه مباحث)

(المبحث الاول في الحرارة وفرضية طبيعتها)

يعطى اسم حرارة للسبب الذي على حسب كثرة أو قلة شدته يحدث في اعضائنا الاحساس بالحرا والبرد لكن هذا السبب له أفعال كثيرة الاختلاف وكثيرة القوة فهو الذي يذوب الجليد ويغلي الماء ويحمر الحديد

وقد وضعت فروضات عديدة على سبب الحرارة منها اثنان فقط متمسك بهما الطبيعويون فرض السريان وفرض التوج

فملى الفرض الاول فسرت ظواهر الحرارة زمنا طويلا بفرضية سيال مادي غير قابل للحصر ولا للوزن اجزاؤه التي في حالة دفع ثابت منتشرة في جميع الاتجاهات والمسافات وكامنة بمقادير مختلفة في جميع الاجسام وممانعة لتلامس اجزاؤها وهذا الفرض متمسك به العلماء المشهورون مثل نيوتن ولا قوازييه ولا بلاس وغيلوساك ترك الآن واتفق طبيعويوا هذا العصر على تعويضه بفرض التوج الذي على حسبه تكون الجزئيات الاخيرة للاجسام منتشرة بالحركة الصغيرة جدًا والسريعة جدًا التي هي سبب الحرارة والتي تنتقل من بعد بواسطة وسط مرئ هو الاثير وهذا الاثير المنتشر

في جميع العالم ومالي للسافات مصدوم بجزئيات الاجسام وهذه الصدمة تولد فيه موجات تنقل الحرارة من جسم الى آخر كما أن الموجات الرنانة للهواء تنقل الصوت بحيث انه في نظرية التتوج أي التحرك تكون جميع ظواهر الحرارة راجعة الى سبب واحد وهو الحركة فالاجسام الكثيرة الحرارة هي التي تهتز أجزاؤها بسرعة عظيمة والاجسام التي تسخن أو تبردها هي التي تكتسب أو تفقد حركتها

والظاهر أن نظرية التتوج هي المختارة عند المتأخرين من الطبيعيين لكن حيث ان فرض السريان سهل البراهين ويصيرها مختصرة اختبرته ووضح الظواهر الحرارية لكن متى قيل ان الجسم فقد أو اكتسب حرارة فهو من ذلك أن جزئياته فقدت أو اكتسبت الحركة.

* (المبحث الثاني في التأثيرات المختلفة للحرارة على الاجسام وفي التمدد) *

تختلف تأثيرات الحرارة من وجوه الاول أن الفعل الاولي للحركة الجزئية التي تحدث الحرارة هو تبعيد جزئيات الاجسام عن بعضها

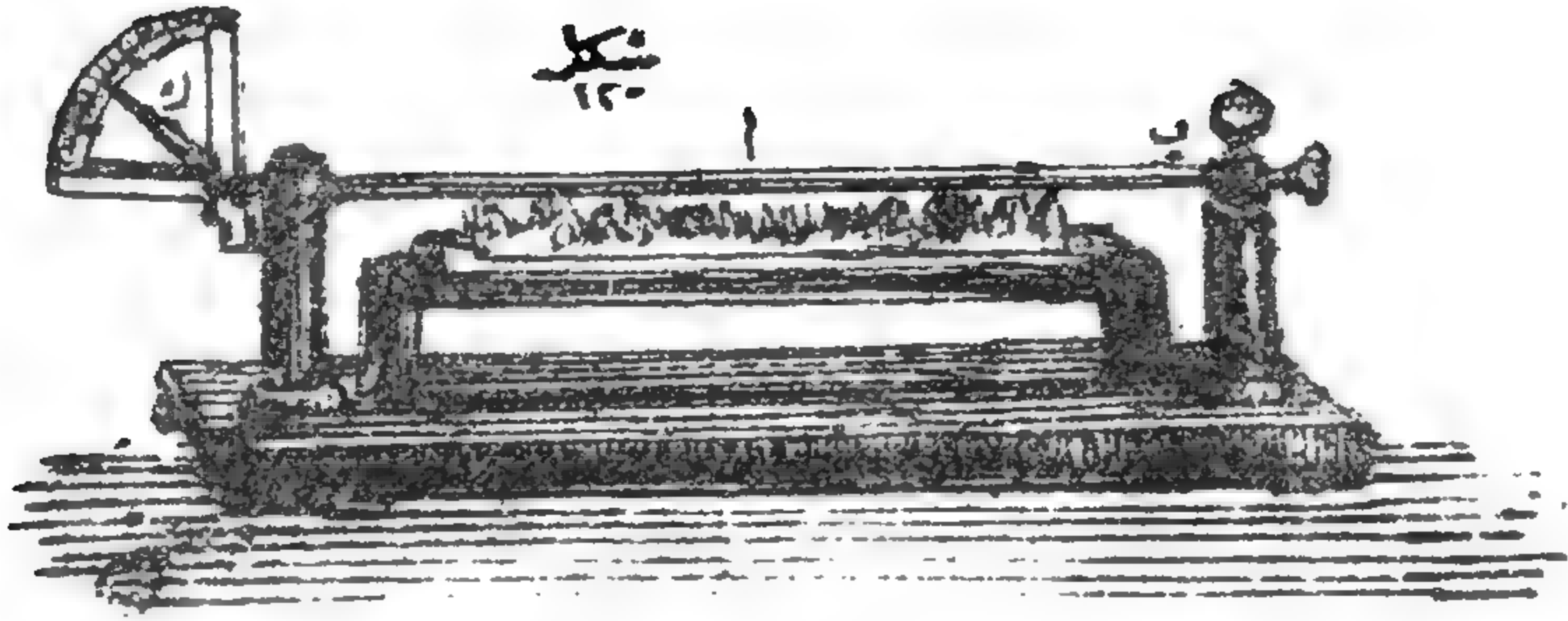
الثاني أن القوة الشديدة التي تكتسبها الجزئيات تزداد وتستحيل بها الاجسام من حالة الصلابة الى حالة السيولة أو من حالة السيولة الى الحالة الهوائية

الثالث أن باستمرار ازدياد القوة الشديدة تنفصل عناصر الاجسام عن بعضها لانها لا تكون طائفة لادنى ميل

ولنسلكم أولا على التمدد والانقباض اللذين هما قوتان عظيمتان لانه يلزم لازدياد حجم الجسم أو تناقصه بنسبة واحدة قوة ميكانيكية عادية عظيمة جدا

وجميع الاجسام تتمدد بتأثير الحرارة وأكثرها تمددا الغازات ثم السوائل ثم الجوامد ويميز في الجوامد التمدد الخطي أعني في جهة واحدة والتمدد الحجمي ولا يحصل أحد هذين التمددين بدون حصول الآخر وأما في السوائل والغازات فلا يعتبر الا التمدد الحجمي

ولاجل اثبات التمدد الخطي للعادن يستعمل الجهاز الموضح في شكل ١٢٠

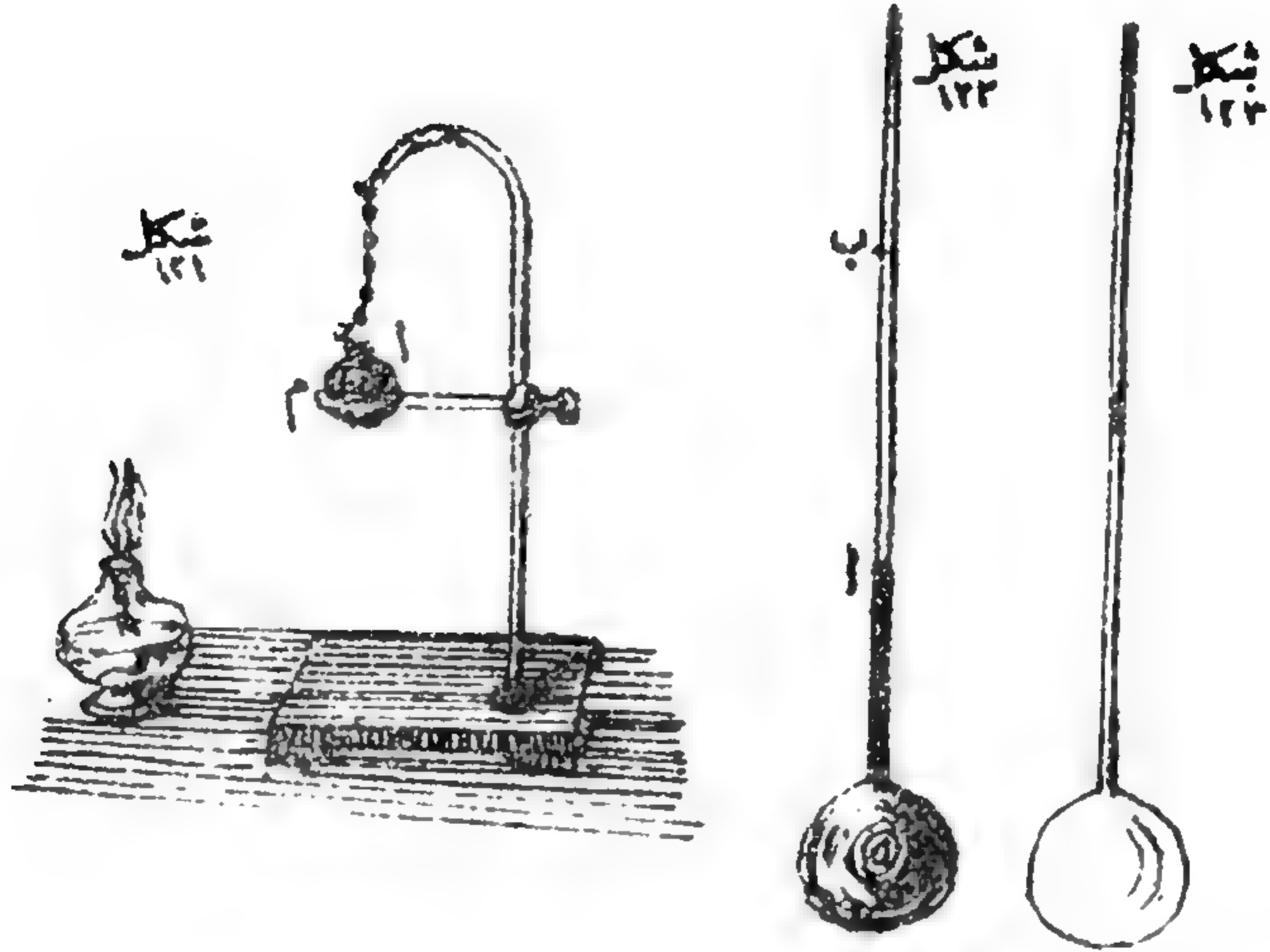


الذي فيه اقضييب معدني مثبت من أحد طرفيه ببرمة ضاغطة ب طرفه الآخر خالص وملامس لاصغر ذراعى ابرة ك المتحركة على مينة وتحت القضييب مسند ودع أسطوانى ياهب فيه الكؤل ونجعل الابر ك أولافى صفر المينة فبمجرد ازدياد سخونة قضييب ا يشاهد صعود الابر ك وهذا يثبت أن القضييب قد زاد طوله ويثبت التمدد النجمى للجوامد بواسطة حلقة كرافيراند وهى حلقة صغيرة معدنية م

شكل ١٢١

تتم منها فى الدرجة الاعتيادية كرة ا من النحاس الأحمر مرورا خالصا لان قطرها تقريبا كقطر الحلقة لكن متى سخنت هذه الكرة على لب المصباح الكؤل لا يمكنها المرور من الحلقة وهذا يثبت ازدياد حجمها

ولاجل اثبات تمدد السوائل تلحم أنبوبة شعرية فى كرة صغيرة من زجاج كما فى شكل ١٢٢ وتملأ الكرة وجزء من الأنبوبة بسائل ملون فبمجرد تسخينها يرتفع السائل فى الأنبوبة من ا الى ب مثلا والتمدد المشاهد حينئذ يكون دائما أعظم مما فى الجوامد ويمكن استعمال نفس الجهاز لاثبات تمدد الغازات ولجل ذلك تملأ الكرة بالهواء أو بغاز آخر وتدخـل فى الأنبوبة علامة من الزئبق طولها من ا الى ب ستقيصر كما فى شكل ١٢٣



فتمى سخنت الكرة ولو بتقريب اليد منها اندفعت العلامة جهة طرف الأنبوبة وتنتهى
بمخروجهامنه فيعلم من هذا أن الغازات كثيرة التمدد حتى أنها تتمدد بأقل حرارة
وفي هذه التجارب المختلفة تنظم جزيئات الاجسام متى بردت وتأخذ حجمها الاصلى متى
عادت الحرارة لدرجتها الاولى

(المبحث الثالث فى قياس الحرارة)

حرارة الجسم هى المحالة الوقتية للحرارة المحسوسة فيه بدون زيادة ولا نقص فاذا زاد
مقدار الحرارة المحسوسة أو نقص يقال ان حرارة الجسم ارتفعت أو انخفضت
والحرارة فى نظرية تحرك الحرارة هى الحالة المخصوصة لاهتزاز الجزيئات وهى متعلقة
بشدة انصداها وبكثافتها وسرعتها ودالة على القوة الشديدة التى اكتسبتها الجزيئات

(المبحث الرابع فى الترمومترات)

الترمومترات آلات تستعمل لقياس الحرارة وحيث ان عدم كمال احساسنا لا يسمع
لنا بقياس حرارة الاجسام على حسب الاحساس ككثيراً أو قليلاً بالحرارة أو البرودة
المؤثرين علينا لزم الاسـتـعانة بالتأثيرات الطبيعية التى تحدثها الحرارة فى الاجسام

وهذه

وهذه التأثيرات أنواع عديدة اختير منها التمدد والانقباض لسهولة مشاهدتهما
وحيث أن الاجسام الصلبة قليلة التمدد فتستعمل السوائل على العموم للتمدّد
في الترمومترات ومع ذلك فقد استعمل الطبيعيون تمدد الغازات أيضا في الترمومتر
الهوائى كما سيأتى

والمستعمل من السوائل الزئبق والكحول فالأول لانه من دون السوائل هو الذى يتمدد
بانتظام ولانه لا يغلى الا على درجة حرارة مرتفعة جدا ولانه يتعادل مع الاجسام المحيطة
به في درجة حرارتها أسرع من السوائل الاخر الاقل منه توصيلا للحرارة والثانى
لأنه لا يتجمد بأعظم برود عرف

والترمومتر الزئبقى هو الاكثر استعمالا ويتركب من انبوبة شعرية من زجاج
أو بلور ملحومة في مستودع أسطوانى أو كروى من مادتها قد ملئ مع جزء من الانبوبة
بالزئبق ومن درجات على نفس الانبوبة أو على مسطرة بمحذاثها تبين تمدد السائل
كما يشاهد في شكلى ١٢٨ و ١٢٩ الآتين

وعمل الترمومتر يشتمل على ثلاث عمليات خلاف حجم الانبوبة بالمستودع الذى يفعل
بواسطة مصباح النقاش وهى تقسيم الانبوبة الى أجزاء متساوية السعة وادخال الزئبق
في المستودع والتدريج

تقسيم الانبوبة الى أجزاء متساوية السعة حيث ان دلالات الترمومتر لا تكون
مضبوطة الا اذا كانت الاقسام أى الدرجات الموضوعة على الانبوبة مطابقة لتمددات
متساوية من الزئبق الكاشف في المستودع فمن المهم أن تكون الاقسام مدرجة بحيث
تدل على ساعات متساوية في باطن الانبوبة فاذا كانت الانبوبة تامة الاسطوانية
من الداخل كفى للحصول على ساعات متساوية تقسيم طولها الى أجزاء متساوية لكن
حيث ان قطر الانابيب الزجاجية على العموم أعظم من جهة دون أخرى ينتج من ذلك
أن الساعات المتساوية من انبوبة تكون مبدئية على الانبوبة أو المسطرة باطوال غير
متساوية وهذه الاطوال هى اللازم تعيينها

ولاجل ذلك يدخل في الانبوبة قبل مجها بالمستودع عمود من الزئبق طوله من ٢ الى ٣
سنتيمتر ويغتنى بجعله في درجة حرارة واحدة وينقل في الانبوبة بحيث انه في كل انتقال
للعמוד يتقدم بمقدار يساوى طوله أعنى أن أحد طرفي العمود يأخذ بالتوالي محل
الطرف الآخر ويقدر الطول المشغول بعمود الزئبق بعشر المليمتر تقريبا بواسطة

مسطرة مقسمة ميليمترات توضع عليها الانبوبة في كل انتقال فاذا وجد أن طول عمود الزئبق هذا ثابت بدون تغير يدل ذلك على أن سعة الانبوبة واحدة في جميع طولها وأما ان تغير طول العمود وأخذ في التناقص مثلاً دل ذلك على زيادة القطر الباطني للانبوبة فاذا شوهد حينئذ أن عمود الزئبق تغير طوله ميليمترات كثيرة طرحت الانبوبة وانتخبت واحدة غيرها أكثر انتظاماً وأما ان كانت هذه التغيرات غير محسوسة فيلحق بطول الانبوبة شريط من الورق بواسطة الغراء ويعلم عليه بقلم رصاص علامات في محل النقاط المشغولة بطرفي عمود الزئبق

والاقسام المتسكونة حينئذ تبين على التوالي سعيات متساوية حيث انها تقابل حجماً واحداً من الزئبق وحيث أن المسافات بين هذه الاقسام متقاربة جداً بحيث يمكن اعتبار قطر الانبوبة ثابتاً في كل منها فتجعل أقساماً صغيرة جداً بتقسيمها الى عدة أقسام متساوية بواسطة آلة التقسيم المسماة بالبرمة الميكرومترية فيتحصل بواسطة هذه الاقسام تدرج مضبوط للترمومتر

ملء الترمومتر لاجل ادخال الزئبق في الترمومتر يلحم في الطرف العلوي من الانبوبة قمع ث كافي شكل ١٢٤

ويملاً بالزئبق ثم تمال الانبوبة قليلاً ويمد الهواء الذي في المستودع بتسخينه بمصباح الكوئل أو بوضعه على شبكة مائلة كما فعل في البارومتر واطاطه بجمرة الفحم فيخرج من قمع ث جزء من الهواء المتمد فاذا تركت الانبوبة حينئذ لتبرد وجعلت في وضع رأسي انقبض الهواء الباقي فيها وقفه بالضغط الجوي الزئبق على الدخول في المستودع و مهما كانت شعيرة الانبوبة غير أن دخول الزئبق في المستودع لا يستمر بل ينقطع عند ما تصير قوة الهواء الباقي في المستودع بسبب تناقص حجمه كافية لموازنة ثقل الجوى وثقل عمود الزئبق الذي في الانبوبة ثم بتسخينه ثانية وتركه ليبرد تدخل كمية جديدة من الزئبق



الزئبق ويدأوم على العمل هكذا الى أن لا يبقى في المستودع و الاكبة قليلة جدا من الهواء ولاجل طردها يسخن الترمومتر الى أن يغلي الزئبق الذي في المستودع فتجذب أبخرته المتصاعدة جميع الهواء والرطوبة الموجودين في الأنبوبة والمستودع ومتى ملئت الآلة هكذا بالزئبق الجفاف النقي يزال فـعـث ثم يغلق طرف الأنبوبة على المصباح لكن ينبغي أن يسخن المستودع و بحيث يخرج نصف الزئبق السكائن في الأنبوبة أو ثلثاه فان لم تفعل هذه الاحتراسات انكسر الترمومتر بتمدد الزئبق فيه وكية الزئبق اللازم اخراجها تكون اكثر كلما كانت الآلة معدة لدرجات مرتفعة وينبغي أيضا تسخين المستودع و في الزمن الذي يراد فيه غلق الأنبوبة بحيث يصل الزئبق المتقد الى قمتها فيتمدد لا يبقى في الترمومتر هواء وهذا ضروري اذ يدونه ينكسر الترمومتر بسبب ما يحصل من الهواء المضغوط من تمدد الزئبق

تدرج الترمومتر والنقطة الثابتة لدرجاته بعد ملء الترمومتر كما ذكرنا يدرج أعني ترسم على ساقه درجات تسمح لتقدير تغيرات الحرارة ولاجل ذلك يلزم أن تعين على الساق نقطتان ثابتتان بينهما درجتين متقابلتين يسهل استرجاعهما

وحيث أظهرت التجربة أن درجة ذوبان الجليد واحدة دائماً مهما كان ينبوع الحرارة وأن الماء المقطر يغلي دائماً في درجة واحدة اذا كان تحت ضغط واحد وفي اناء من مادة واحدة جعلت درجة الجليد الذائب لأول النقطتين الثابتتين أعني لتعيين صفر الترمومتر وجعلت درجة غليان الماء المقطر في اناء من معدن للنقطة الثابتة الثانية المبنية ب ١٠٠ بشرط أن يكون الضغط الجوي ٧٦٠ ممتر

ويشتمل تدرج الترمومتر حينئذ على ثلاث عمليات تعيين الصفر وتعيين نقطة مائة ورسم الدرجات

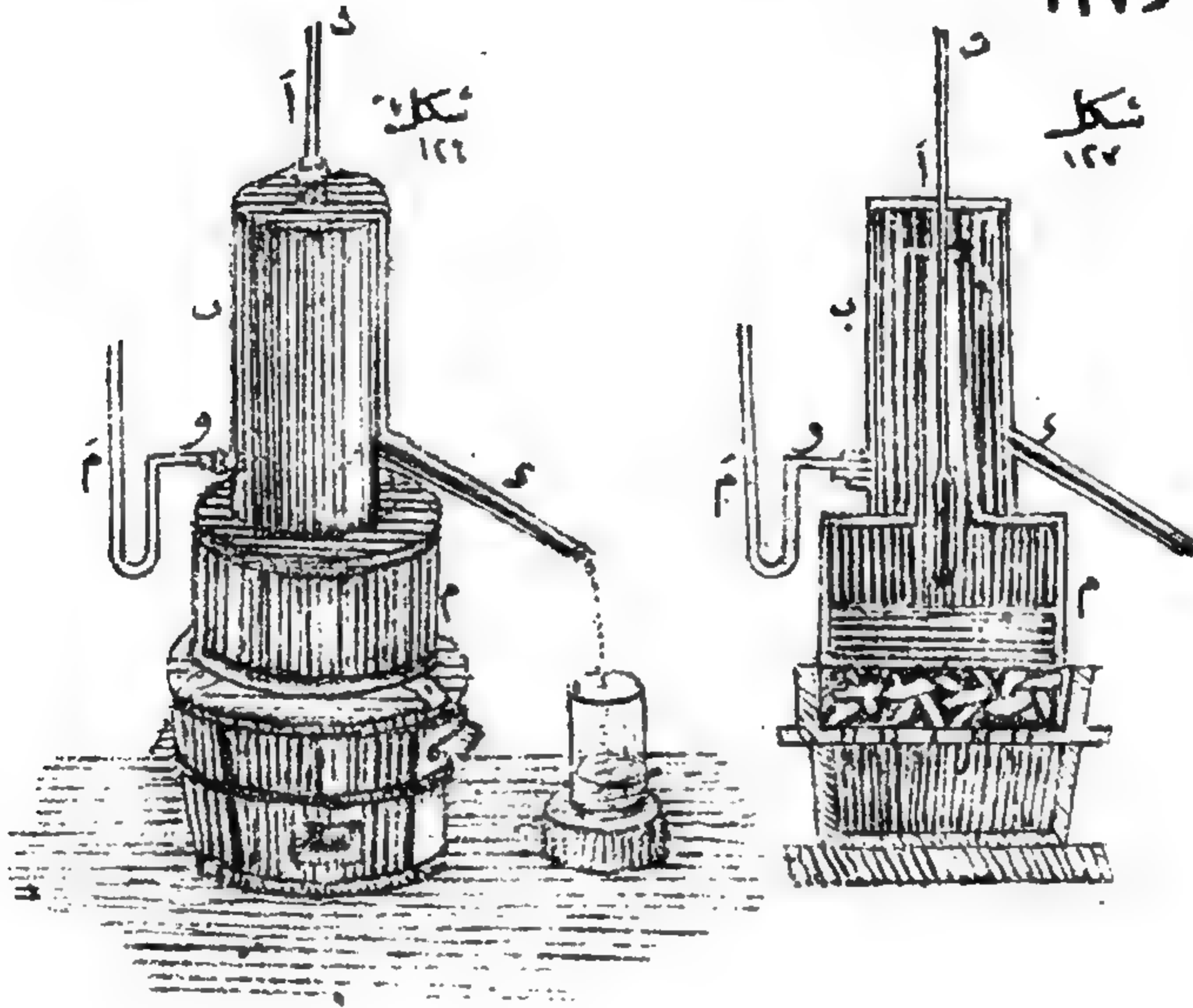


تعيين الصفر لاجل تعيين الصفر يملأ بالجليد أو الثلج اناء مثقوب من قاعه بفتحة يسيل منها الماء الناشئ عن ذوبان الجليد كما في شكل ١٢٥

ثم يغمر مستودع الترمومتر وجزء من ساقه في هذا الجليد مدة ربع ساعة تقريباً فينخفض أول عمود الزئبق بسرعة وبعد ذلك يبقى ثابتاً وحينئذ يعلم في النقطة المقابلة لاستواء الزئبق علامة بقلم رسم على

شريط صغير من الورق لصق من قبل على الساق وهذه العلامة هي محل الصفر
تعيين نقطة ١٠٠ تعيين النقطة الثابتة الثانية بواسطة الجهاز الموضح في شكل

١٢٧ و ١٢٦



احدهما يرى هذا الجهاز مقطوعاً رأسياً والثاني يوضح جميع قطعه مدة تشغيله
وقطع كل من الشكلين مبنية بحروف واحدة والجهاز جميعه من النحاس الاحمر
وهو يتكون من أنبوبة ا المركزية المفتوحة الطرفين المثبتة على الاناء الاسطوانى م
المحتوى على الماء ومن أنبوبة ثانية ب مغلقة الاولى ومثبتة على نفس اناء م
ومغلقة من طرفيها ولها ثلاث فتحات ا و د يوضع في الاولى سدادة يمر من مركزها
ساق ت للترمومتر الذى يبحث عن تعيين درجة ١٠٠ له وفي الثانية توفى

أنبوبة من زجاج م محتوية على الزئبق معدة لان تستعمل ما ترمومتر القياس شدة البخار
في الجهاز والفتحة الثالثة و تستخدم لتصاعد البخار والماء الناشئ عن التكثف
فاذا وضع الجهاز على فرن وسخن حتى يغلى الماء ارتفع البخار المتولد من اناء م في انبوبة
ا ورجع بين الانبوبتين كما يبينه السهمان الى فتحة د ومنها يتصاعد في الجو
وحيث ان الترمومتر محاط حينئذ بالبخار فيتمدد الزئبق الموجود فيه ومتى صار ثابتاً تعلم

في نقطة أ التي يقف فيها علامة وهي نقطة ١٠٠ المبحوث عنها
والذي أضاف الغلاف الثاني ب للجهاز هو المعلم رينبول لمنع الانبوبة المركزية من أن
تبرد بسبب ملامستها للهواء

ويلزم في مدة تعيين نقطة المائة هذه أن يكون ارتفاع البارومتر ٧٦ ر. مترا لأنه
متى زاد هذا الارتفاع أو نقص عن ٧٦ ر. مترا لا تزيد درجة الغلي أو تنقص فقط
عن درجة المائة بل تزيد حرارة البخار نفسها أو تنقص بكمية متساوية ويمكن الحصول
على درجة المائة بالضبط مهما كان ضغط الجو بالتعديل الآتي فقد ظهر من التجربة
أنه متى ارتفع الزئبق أو انخفض في البارومتر ٢٧ ميليمتر زادت أو نقصت درجة الغلي
درجة واحدة أعني $\frac{1}{27}$ من درجة من الميليمتر وبناء على ذلك إذا كان ارتفاع
البارومتر مثلاً ٧٦٦ ميليمتر في الزمن الذي تؤخذ فيه نقطة المائة كانت زيادة الضغط
عن ٧٦ ستة ميليمتر ولا يكون عدد الدرجات المقابلة لقمة عمود الزئبق في الترمومتر
١٠٠ بل يكون $100 + \frac{1}{27} \times 6 = 100 + \frac{6}{27} = 100 + \frac{2}{9}$ وإذا كان ارتفاع البارومتر
٧٧٨ فإنه يزيد عن ٧٦٠ ميليمتر بقدر ١٨ ميليمتر وهي ثلثا هذا العدد ٢٧ ويغلي
الماء في مائة درجة وثلاثي درجة فيجب حينئذ أن يكتب في محمل استواء الزئبق في
الترمومتر $100 + \frac{2}{9}$ في المثال الأول و $100 \times \frac{2}{9}$ في المثال الثاني

وقد شاهد غيلوساك أن الماء يغلي في أواني الزجاج بجمرة أعظم بقليل من الحرارة التي
تلزم لغليه في الأواني المعدنية وشاهد أيضاً أن الماء المحلول فيه أملاح يغلي بجمرة أعظم
من الحرارة التي تكفي لغليه إذا كان نقياً واختاروا إلى الآن أنه يشترط لتعيين نقطة
المائة في الترمومترات استعمال الماء معدني وماء مقطر غير أنه تبين من استكشاف المعلم
روديرك السويدى أنه لا فائدة في هذين الشرطين لأنه عرف أن مادة الاناء والاملاح
المحلولة في الماء تؤثر تأثيراً عظيماً في درجة غليان الماء لا في درجة البخار الناتج منه أعني
أنه إذا كانت درجة الماء أكثر من ١٠٠ بأحد السنين المذكورين تكون درجة
بخاره ١٠٠ إذا كان الضغط ٧٦ ر. مترا وحينئذ لا يشترط لتعيين نقطة المائة
للترمومتر استعمال الماء المقطر ولا اناء معدني بل يكفي أن يكون الضغط ٧٦ ر. مترا
أو يعمل التعديل المتقدم مع غمر الترمومتر بتمامه في البخار لا في الماء المغلي

والحاصل أنه ولو استعمل الماء المقطر لا ينبغي غمر مستودع الترمومتر في الماء المغلي لان سطحه هو الذي يكون في درجة المائة فقط وتأخذ الحرارة في الازدياد من طبقة الى طبقة جهة قاعدته بسبب زيادة الضغط

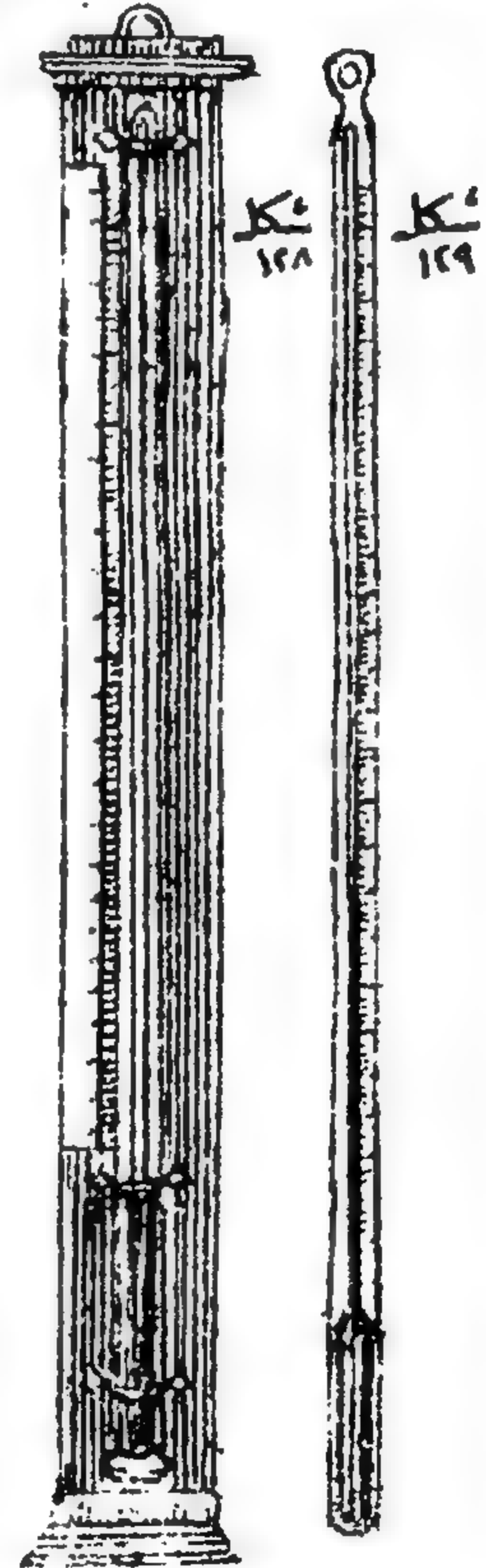
تكوين الدرج أى رسمه متى تحصلت النقطتان الثابتتان تقسم المسافة التي بينهما ١٠٠ جزء متساوية السعة تسمى بالدرجات ويداوم على هذا التقسيم أعلى درجة المائة وأسفل الصفر ثم تكتب على مسطرة من خشب او على لوح من معدن مثبت عليه الترمومتر كما في شكل ١٢٨

فاذا كانت أنبوبة الترمومتر مائة الاسطوانية من الداخل كفي لرسم الدرجات تقسيم المسافة التي بين الصفر والمائة مائة جزء متساوية لكن حيث ان هذا الشرط غير متوفر غالباً فيلزم تقسيم الأنبوبة الى أجزاء متساوية السعة كما تقدم في تقسيم الأنبوبة الى أجزاء متساوية السعة وتعد الأجزاء المحصورة بين النقطتين الثابتتين ويقسم عددها ١٠٠ فيتحصل عدد الاقسام المساوية للدرجات ويبين محل كل درجة بالابتداء من الصفر

وفي الترمومترات المضبوطة ترسم الدرجات على نفس زجاج الساق كما في شكل ١٢٩ وحينئذ فلا تنزعح ويبقى طولها ثابتاً حيث ان الزجاج قليل التمدد جداً

ولاجل تحصيل علامات ثابتة على الزجاج يغطى ساق الترمومتر وهو ساخن بطبقة خفيفة من الورنيش ثم بواسطة قطعة مدببة من الفولاذ يبين على الورنيش علامات الدرجات وكذا الأرقام المناظرة لها ويعرض الساق لبخار حمض الفلورايد ريك مدة عشر دقائق تقريباً فيؤثر على الزجاج ويحفر العلامات في جميع الأجزاء التي أزيل عنها الورنيش فتظهر الدرجات والأرقام

وتبين الدرجات بصفر يوضع على يمين العدد الذي يبين درجات الحرارة ولاجل تمييز درجات الحرارة تحت الصفر



* (١٥٧) *

الصفحة عن الدرجات التي أعلى منه يقدم عليها علامة - ناقص في كناية ١٥ -
تدل على ١٥ درجة تحت الصفر

(المبحث الخامس في الدرجات المختلفة للترمومترات)

عز في تدرج الترمومترات ثلاث درجات الدرجات المائينية ودرجات ريمور ودرجات
فارانهيت فالدرجات المائينية هي التي ذكرناها وهي المستعملة في فرنسا وتنسب إلى
سيلسيوز والطبيعي السويدي الذي مات سنة ١٧٤٤ وفي الدرجات الثانية التي
اختارها ريمور والطبيعي الفرنسي سنة ١٧٣١ تقابل النقطة ان الثابتان أيضا
درجة الجليد الذائب ودرجة الماء المغلي لكن المسافة بينهما مقسمة ٨٠ درجة
أعني أن الثمانين درجة لريمور تساوي ١٠٠ درجة مائينية والدرجة من ريمور
تساوي حينئذ $\frac{1}{8}$ أو $\frac{5}{4}$ درجة مائينية والدرجة المائينية تساوي $\frac{8}{5}$ أو $\frac{1}{5}$
درجة من ريمور وبناء على ذلك لاجل تحويل عدد من درجات ريمور إلى الدرجات
المائينية كعشرين درجة مثلا يلزم ضرب هذا العدد في $\frac{5}{4}$ وحيث أن الدرجة من
ريمور تساوي $\frac{5}{4}$ درجة مائينية فالعشرون درجة من ريمور تساوي من الدرجات
المائينية ٢٥ مرة $\frac{5}{4}$ أو ٣٥ ويشاهد أيضا أنه لتحويل الدرجات المائينية إلى درجات
ريمور يلزم ضربها في $\frac{4}{5}$ درجة

واختار فارانهيت سنة ١٧١٤ درجات ترمومترية مستعملة في الهولاند وفي الانكلية
وفي أمريكا الجنوبية والنقطة الثابتة العليا لهذه الدرجات تقابل أيضا درجة الماء
المغلي لكن الصفر يقابل درجة برد متحصلة من خلط أوزان متساوية من ملح
النوشادر والبشور والثلج وتقسم المسافة بين النقطتين الثابتتين ٢١٢ درجة

وبوضع ترمومتر فارانهيت في الجليد الذائب يعلم ٣٢ درجة فبناء على ذلك المائة درجة
مائينية تساوي من درجات فارانهيت ٢١٢ - ٣٢ أو تساوي ١٨٠ والدرجة
المائينية تساوي حينئذ $\frac{1}{18}$ أو $\frac{9}{1}$ من درجات فارانهيت ودرجة فارانهيت تساوي
 $\frac{1}{18}$ أو $\frac{9}{1}$ من درجة مائينية فإذا أريد تحويل عدد من درجات فارانهيت إلى
الدرجات المائينية كن خمسة وتسعين مثلا يلزم أولا حذف ٣٢ من العدد المعلوم ليصير
حساب نوعي الدرجات من نقطة واحدة من الساق فيكون الباقي هنا ٦٣ وحيث أن

(١٥٨)

درجة فارانهايت تساوى $\frac{9}{5}$ من درجة مائيتية فالثلاثة وستون درجة من درجات فارانهايت $= \frac{9}{5} \times ٦٣$ أو ٣٥ درجة مائيتية

(المبحث السادس فى تغير محل صفر الترمومتر)

الترمومترات المصنوعة باعظم تدقيق يعترىها خطأ معرفته مهمة وهو أن الصفر مع طول الزمن يميل لان يرتفع ارتفاعا يصل فى بعض الاحيان الى درجتين أعنى أنه بغير الترمومتر بعد عمله بأربعة أشهر أو خمسة فى المجليد الذائب لا ينزل الزئبق الى صفـره أصلا وقد قيل فى سبب ذلك ان الترمومتر من حيث انه خال عن الهواء ينقص حجم المستودع من الضغط الظاهرى لكن شوهـد أن الترمومتر المحتوى على الهواء أو المفتوح من طرف ساقه ينتقل صفـره كما فى الترمومتر الفارغ وفسر انتقال الصفر الآن بفعل جزيئى يكابده زجاج المستودع متى وصل لدرجة غليان الزئبق وبرد بسرعة لأنه ينتج من ذلك نوع سقى به يزيد حجم المستودع وبسبب رجوعه نائبا شيئا فشيئا بحجمه الاصلى يوجد الصفر مرتفعاً

فن المهم حينئذ متى أريد قياس الحرارة بالضبط التحق أولاً من محل وضع الصفر فى الترمومتر الذى يقصد استعماله

(المبحث السابع فى حذى استعمال الترمومتر للقياس)

حيث ان الزئبق يغلى فى درجة ٣٥٠ ويتجمد فى درجة ٤٠ - فهذان الحدان هما حينئذ اللذان لا ينبغى مجاوزتهما فى استعمال الترمومتر الزئبقى لكن دلت التجربة على أن تمدد الزئبق لا يكون منتظماً أعنى متناسباً مع شدة الحرارة الا من درجة ٣٦ - الى ١٠٠ درجة + وفيما بعد ذلك يزداد تمدده من درجة ١٠٠ الى درجة ٣٥٠ وينشأ عن ذلك أن الترمومتر الزئبقى لا يعطى دلالات مضبوطة الا من درجة ٣٦ - الى درجة ١٠٠ + وفى الدرجات الكثيرة الارتفاع لا تكون دلالاته الا تقريبية ويمكن زيادة الغلط الى جملة درجات

وبالمجـلة فقد يحصل غالباً أن الترمومترين الزئبيين المتوافقين فى الصفر وفى درجة ١٠٠ + لا يتوافقان فيما بين هذين الدرجتين ولو كانا موضوعين فى شروط واحدة وهما ناشئ عن كون أنواع الزجاج ليس تركيبها الكيماوى واحداً وليست متساوية التمدد ويتبع ذلك ازدياد تمدد الزئبق على تمدد الزجاج

وعلى

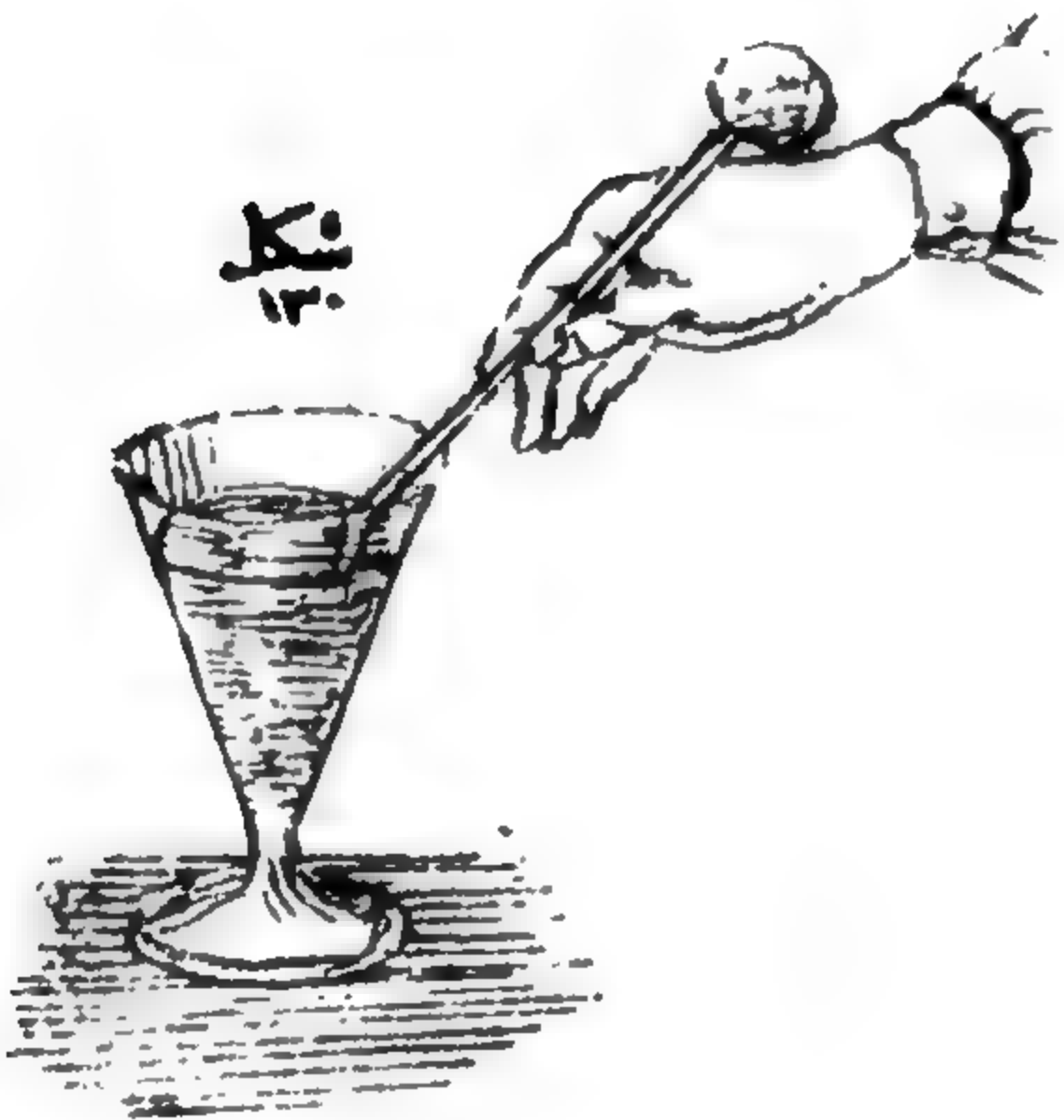
* (١٥٩) *

وعلى كل متى كان الترمومتران متكوّنين من زجاج غير متماثل المسادة فيوجد السبب
الموقع في الغلط الذي به لا يسيران معا

* (المبحث الثامن في الترمومتر الكؤلى) *

الترمومتر الكؤلى لا يختلف عن الترمومتر الزئبقى الا بكونه مـ لا نأبالكؤل المملون
بالحمرة عادة

وماؤدها كثر بساطة من ملء الترمومتر الزئبقى وكيفية ذلك أن يسخن المستودع
تسخينا لطيفا على المصباح لخراج كمية قليلة من الهواء ثم يغمر طرف الساق المفتوح
في الكؤل المملون بالحمرة فبالبرودة ينقبض الهواء الباقى فى المستودع وتصد فيه كمية



قليلة من الكؤل بضغط الجوّ كما فى شكل ١٣٠
وبتسخينه حينئذ لدرجة الغلى تجذب أبخرة
الكؤل المتصاعدة جميع الهواء الموجود
فى المستودع وفى الساق ويكفى حينئذ بعد
زمن يسير من الغلى قلب الترمومتر بسرعة وغمر
طرفه ثانيا فى الكؤل فتكثف البخار يحصل
الفراغ فى باطنه ويمتلئ المستودع والساق
بتأثير ضغط الجوّ

وتتخذ من الكؤل الذى دخل فى المستودع
يتصاعد الهواء الذى كان محلولاً فيه وتظهر

كرات صغيرة غازية فلاجل انخارجها ترتبط الانبوية من طرفها بنحيط صغير وتحرك حركة
دورية سريعة فبتأثير القوة المركزية الطاردة ينضغط الكؤل جهة الكرة أى المستودع
ويطرد منها الفقاعات الهوائية وأخيرا يسخن الترمومتر تسخيناً لطيفاً الى أن يخرج منه
نصف أو ثلث السائل المنحصر فى الساق ثم يلحم طرف الساق على المصباح لكن مع
الاحتراى لترك هواء فيه فإذنه أن يؤثر بقوة مرونته درجة غليان الكؤل ويمنع
تجزأ عمود السائل الى جملة أجزاء عند ميل الانبوية

فى تدريج الترمومتر حيث ان تمدد السوائل يقل انتظامه كلما قربت من درجة غليانها
فالكؤل الذى يغلى فى درجة ٧٨ يتمدد بغير انتظام فيما بين الصفر والمائة بحيث

* (١٦٠) *

إذا عيئت له النقطتان الثابتتان كما فعل في الترمومتر الزئبقي وقسمت المسافة بينهما
 ١٠٠ درجة تحصل ترمومتر لا يكون متوافقا مع الترمومتر الزئبقي الا في الصفر وفي
 درجة ١٠٠ ويخالفه فيما بين هاتين النقطتين بحملة درجات ويشاهد أنه لا يبين
 الا ٤٤ درجة متى بين الترمومتر الزئبقي ٥٠ درجة

فالواجب حينئذ لتدريج الترمومتر الكؤلى أن يقابل سيره بسير الترمومتر الزئبقي المجهول
 أنه وذاك ولاجل ذلك يسخن الاثنان معا بالتدريج في حمام وتعلم على الترمومتر الكؤلى
 الدرجات التي يبينها الترمومتر الزئبقي وتدريج الترمومتر الكؤلى هكذا يكون متوافقا
 مع الترمومتر الزئبقي أعني أنه يعطى عين الدرجات متى وضع في نفس الشروط والترمومتر
 الكؤلى مستعمل بالخصوص لقياس الدرجات المنخفضة جدا لان الكؤلى لا يتجمد
 بأعظم برودة عرفت ومع ذلك فالكؤلى في درجة الحرارة المنخفضة جدا ينفصل جزء
 منه ماء ويصير السائل شرابي القوام وزيادة على ذلك حيث ان أنواع الكؤلى المختلفة
 ليست متماثلة يشاهد أن بين الترمومترات الكؤلية المعرضة لدرجة برودة واحدة
 اختلاف درجات كثيرة ولاجل تدارك هذين الضررين استعوض الكؤلى بكر بور
 الكبريت الذي هو سائل لا يحتوى على ماء ويحفظ سيولة واحدة في أعظم درجة
 منخفضة لكن بين المعالم ازيد ورأى السوائل التي يجب تفضيلها هي الاثير المعتاد
 وكأورورا لا تيل

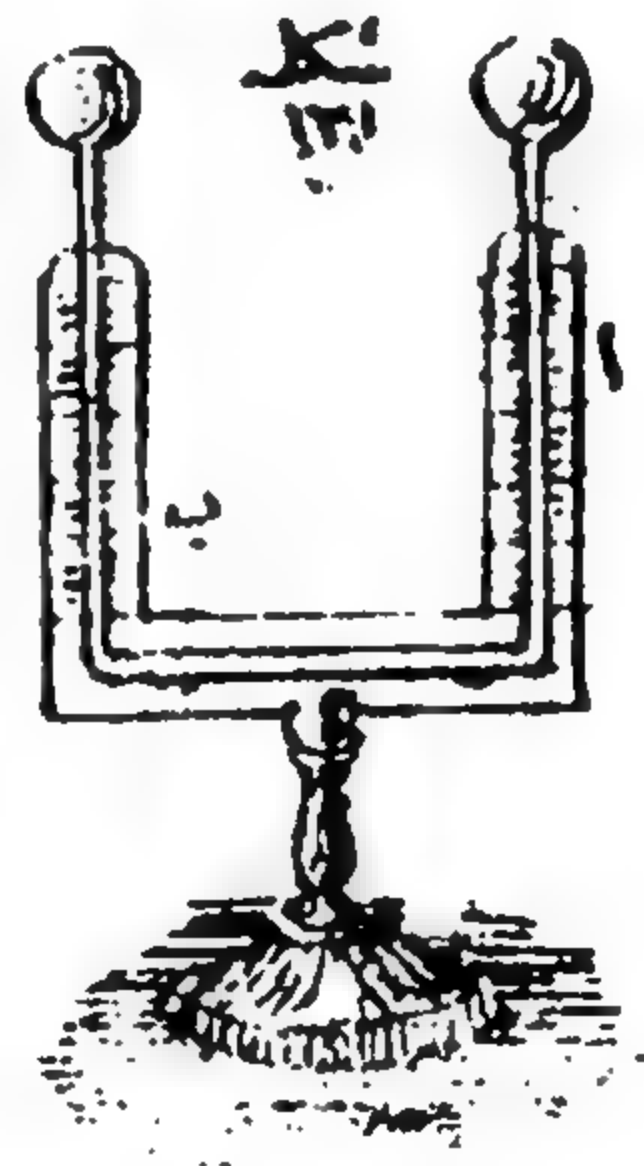
* (المبحث التاسع في الترمومتر الهوائى أى الاختلاف في المنسوب الى ليلى) *

صنع ليلى ترمومتر هوائى بمعد المعرفة اختلاف حرارة نقطتين متقاربتين ومن ذلك سمى
 بالترمومتر الاختلافى

وتتركب هذه الآلة من كرتين متساويتين من زجاج
 مملأتين بالهواء ومنضمتين بانبوبة منحنية ذات قطر صغير
 مثبتة على لوح كما في شكل ١٣١

وقبل غلق الجهاز يدخل فيه مقدار من سائل مألون كاف
 لملئ الشعبة الافقية ونصف الشعبتين الرأسيتين تقريبا
 ويعتنى بانتخاب سائل لا يعطى أبخرة في درجات الحرارة
 المعتادة ولذلك يستعمل حمض الكبريتيك المتلون بالحمرة
 وبعد غلق الجهاز يمرر الهواء من إحدى الكرتين

الى



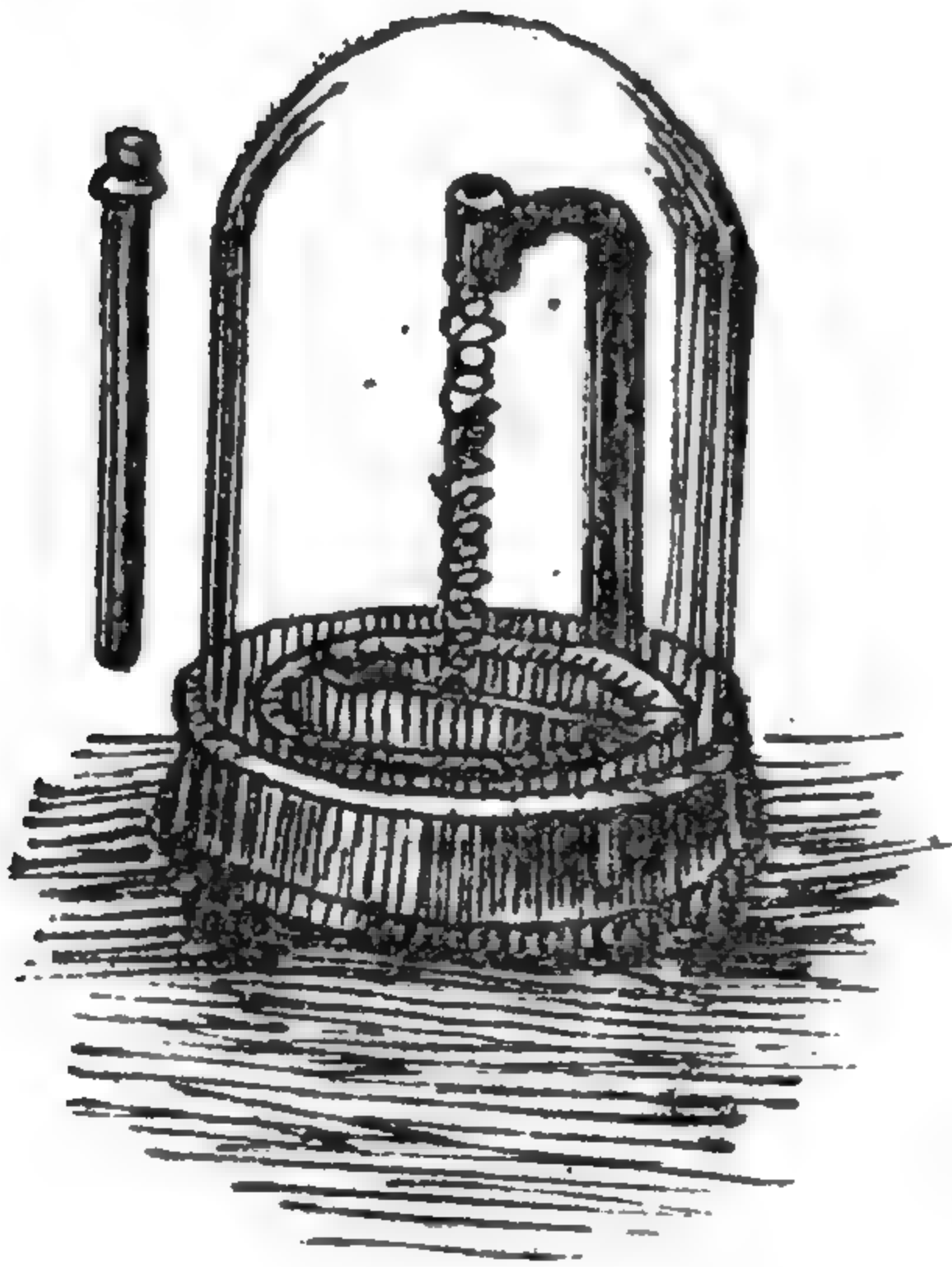
* (١٦١) *

الى الاخرى بتسخينهما بغير مساواة حتى انه بعد فعل بعض تحسسات ورجوع الكرتين لدرجة حرارة واحدة يصير الاستواء واحدا في الشعبتين الراسيتين فينثني يعلم الصفر في محاذاة كل طرف من عمودي السائل ولاجل تقيم التدرج يوضع احدي الكرتين في حرارة تزيد عشر درجات عن حرارة الكرة الاخرى فيتمدد هواء الكرة الاولى ويطرد عمود السائل بـ ١ الذي يرتفع في الشعبة الاخرى ومتى وقف ارتفاع هذا العمود يعلم ١٠ على كل جهة في النقطة التي يقف فيها استواء السائل ثم تقسم المسافتان من الصفر الى العشرة عشرة اجزاء متساوية ويداوم على التقسيم اعلى واسفل الصفر بطول الشعبتين

* (المبحث العاشر في الترمومتر المعدني المنسوب الى بريجييه) *

ابراهيم بريجييه الساعا في بباريس اخترع ترمومترامؤساعا على اختلاف تمدد المعادن معتبرا بقوة احساسه

وتتركب هذه الآلة من ثلاث صفائح موضوعة على بعضها من البلاتين والذهب والفضة تلحم ببعضها في جميع طولها ثم تقوت من المصفاح بحيث تصير شريطا معدنيا رقيقا جدا ثم يلف هذا الشريط على هيئة حلزون كما يظهر من شكل ١٣٢ شكل ١٣٢



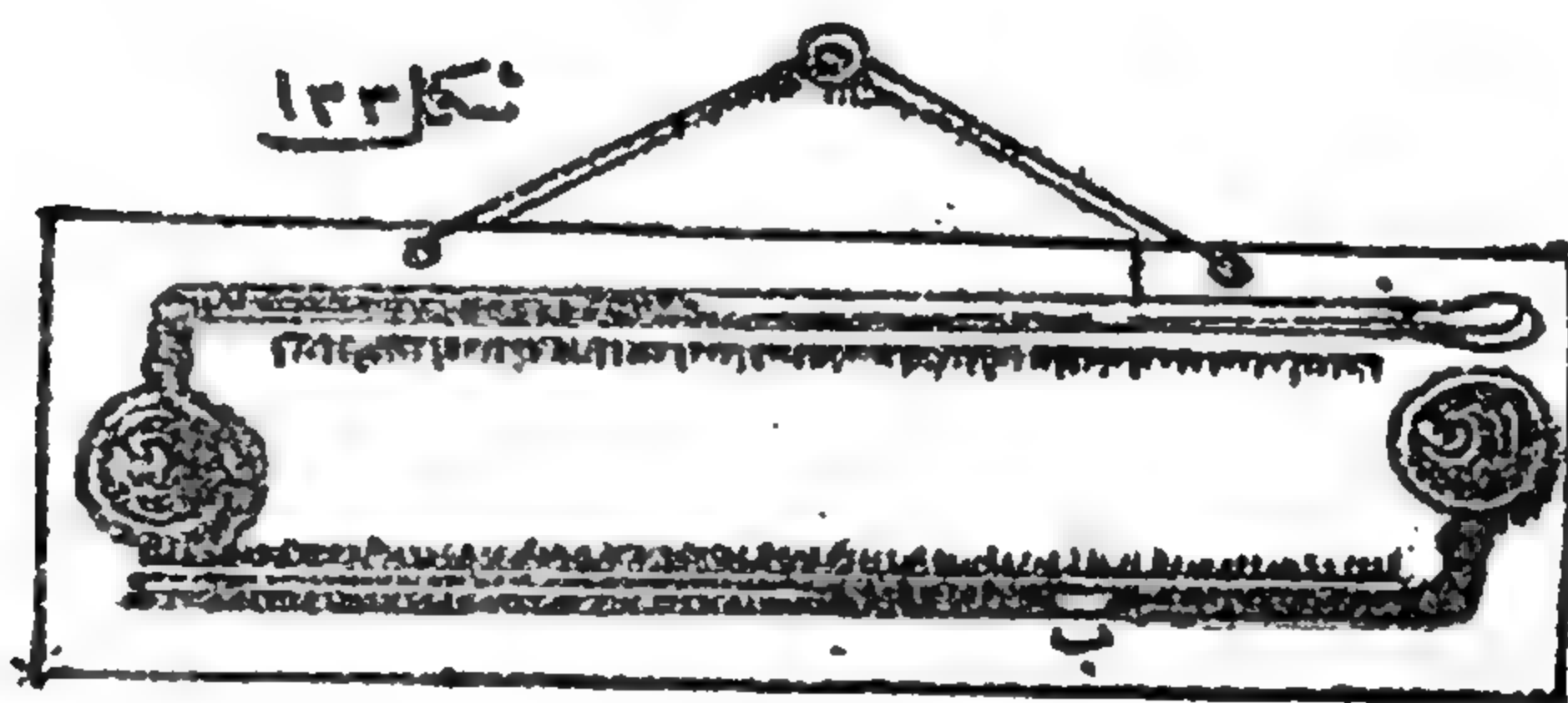
ثم بعد تثبيت طرفه العلوى في حامل يغلق في طرفه الثانى ابرة خفيفة من النحاس تتحرك حركة خالصة على برواز افقى مدرج درجات مائيتية والفضة التي هي اكثر المعادن الثلاثة قبولا للتمدد تكون الوجه السفلى للحلزون والبلاتين الذي هو اقل قبولا للتمدد يكون الظاهر والذهب يكون بين الاثنين فـتى ارتفعت الحرارة تمددت الفضة اكثر من البلاتين والذهب وأدات الحلزون من اليسار الى اليمين بالنسبة للشكل المذكور ويحصل الفعل بالعكس متى انخفضت الحرارة وانما وضع الذهب في الوسط ليكون

* (١٦٢) *

تمدده متوسطا بين تمدد الفضة والبلاتين واذا استعملت الفضة والبلاتين وحدهما
أمكن من اختلاف تمددهما أن يحدث الكسر وهذا الترمومتر يدريج بمقابله بالترمومتر
الزئبق المعتاد والساق المعدني المين على يسار الشكل المذكور يوضع في محور المحلزون
ليمسكه ويمنع تغير شكله عند نقل الآلة

* (المبحث الحادي عشر في ترمومتر الزيادة والنقصان) *

من الضروري في مشاهدة الحوادث الجوية معرفة أعظم ارتفاع درجة حرارة اليوم
وأعظم انخفاض درجة حرارة الليل وحيث أن الترمومترات المعتادة لا يمكنها أن توصل
لمعرفة هاتين الدرجتين إلا بمشاهدات مستمرة وهذا غير مقدور عليه بالسكينة فاخترت
لذلك عدة آلات أبسطها ترمومتر روتيرفورد وهو مركب من ترمومترين سوقهما
منحنية انحناء أفقيا ومثبتين بجذء بعضهما على لوح قائم الزوايا كما في شكل ١٣٣



أحدهما الزئبق والثاني ب كؤلى وفي الترمومتر الزئبقى اسطوانة صغيرة من
الحديد تنزلق خالصة في الأنبوبة وهذه الاسطوانة المستعملة علامة حيث أنها ملامسة
لطرف عمود الزئبق والآلة موضوعة أفقيا تنظر دأمام الزئبق متى تمدد بارتفاع الحرارة
وتقف حالا بمجرد انقطاع تمدد الزئبق لكنها تسكن في محلها من الساق متى انقبض الزئبق
لأنه لا يوجد ميل بين هذا السائل والحديد والنقطة التي تقف فيها العلامة تبين حينئذ
أعظم ارتفاع الحرارة الحادثة وفي الشكل المذكور تبين العلامة ٣١ درجة تقريبا
والترمومتر السفلى هو ترمومتر النقصان والسائل المنحصر فيه كؤلى وفيه تنغمر بتمامها
اسطوانة صغيرة من المينا ب معدة لأن تستعمل علامة فاذا انخفضت درجة الحرارة

وكانت

* (١٦٣) *

وكانت الاسطوانة في طرف عمود السائل فبانقباض هذا السائل يجذب معه الاسطوانة بقوة الميل بينهما وتقدم هكذا الى النقطة التي يحصل فيها نهاية انقباض واذا ارتفعت درجة الحرارة تمدد الكؤل ومربس جدران الانبوبة والعلامة بدون أن تنقل من محلها وبناء على ذلك فطرف العلامة المضاد للستودع يبين أنزل درجة وصلت اليها الآلة وهي في الشكل المذكور $\frac{1}{4}$ ٩ -

* (المبحث الثاني عشر في البيرومتر) *

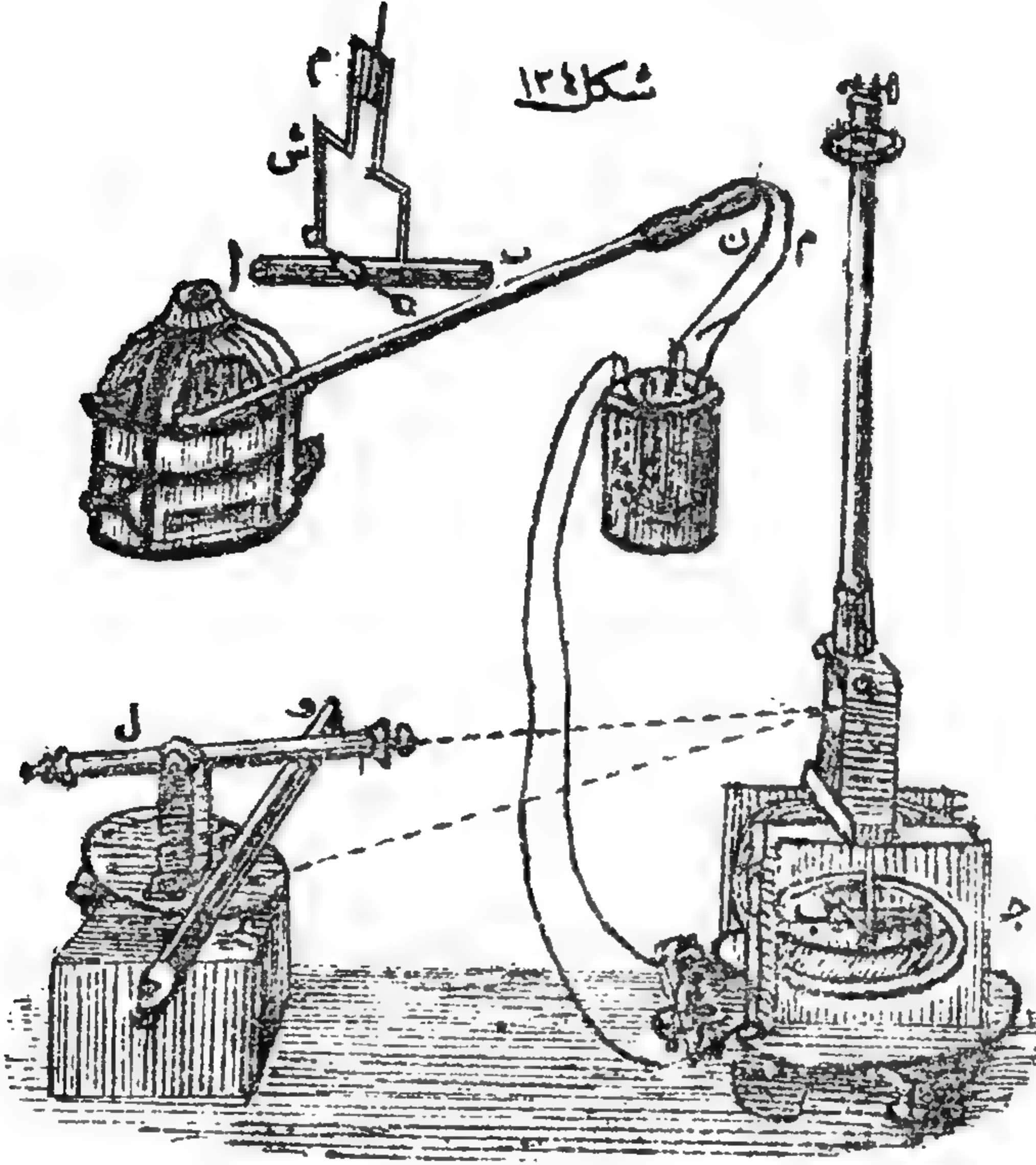
يعطى اسم بيرومتر لآلات المخصوصة لقياس الدرجات المرتفعة ويعطى أحيانا اسم بيرومتر للجهاز الموضح في شكل ١٢٠ السابق المعد لاظهار التمدد الخطي للعادن لكنه بالنظر لكيفية تركيبه ليس هو في الحقيقة الا آلة معدة لقياس الحرارة الشععية وقد صنع برونيار في سيفيرافوريقة الصينى بيرومترامشابه للجهاز المتقدم المعد لاظهار التمدد الخطي للعادن وترك استعماله في سيفيرحتى في مدة حياة مخترعه لانه لم يعط دلالات مضبوطة

وذكر وازمنماطويلا في دروس الطبيعة بيرومتر ويدودالمؤسس على خاصية انكماش الطفل متى وصل لدرجة حرارة مرتفعة وهذه الآلة ليست ناقصة الضبط فقط بل ليست متمثلة لان الطفل الذي تصنع منه ليس متمثلا

والبيرومتر الذي يظهر الضبط هو فقط البيرومترالهوائى المنسوب الى رينيول والبيرومتر الكهربي المنسوب الى بكريل وهو الذى نذكره في هذا المختصر

* (المبحث الثالث عشر في البيرومتر الكهربي) *

لما ثبت عند بكريل من التجارب العديدة أن زوج البلاتين والبلاديوم أى اجتماعهما هو الذى تظهر دلالاته انتظاما كثيرا وفق هذين المعدنين لتركييب البيرومتر الكهربي و يتركب جهاز بكريل من سلكين أحدهما من البلاتين والاخر من البلاديوم وكلاهما طوله متران وقطاعه واحد ميليمتر ربع وأطرافهما ليست ملحومة بل منضمة فقط بقوة بسلك رفيع من البلاتين وسلك البلاديوم منحصر في أنبوبة رقيقة من الصينى وسلك البلاتين خارجها والجميع موضوع في أنبوبة ب من الصينى أيضا واسعة كفاي شكل ١٣٤



وطرف سلك البلاتين هو الذي يوضع في المحل الذي يبحث عن حرارته ويخرج من
الطرف الآخر لانبوبة سلك البلاتين والبلاديوم من ويلحمان مع سلكي النحاس
الموصلين التيار الى المسانيت ومترج ويكون كل من حمام هذين السلكين مع سلكي
م ن منحصرا في انبوبة من زجاج مغمورة في الجليد لمنع تولد أدنى تيار ويجعل هذين
الحمامين في درجة حرارة واحدة لا يتولد أدنى تيار والمسانيت ومترج المنسوب الى فيرير
ليس هو الا جزءا من متر مكبر كثيرا لاجساس ويتركب من قضيب مغطس اب
موضوع في دائر من نحاس أجزا يطف حركانه محمول بالحامل ش المعاني في خيط
طويل من البلاتين رفيع جدا ومثبت على الحامل مرآة م تدور مع القضيب معدة
لان تعطي بالانعكاس صورة الاقسام المرسومة على المسطرة الافقية الموضوعة بعيدا
وتشاهد هذه الاقسام بواسطة نظارة ل

ولاجل ذلك يلزم قبل مرور التيار أن يؤتى بصورة صغرا المسطرة المتحركة في خيط

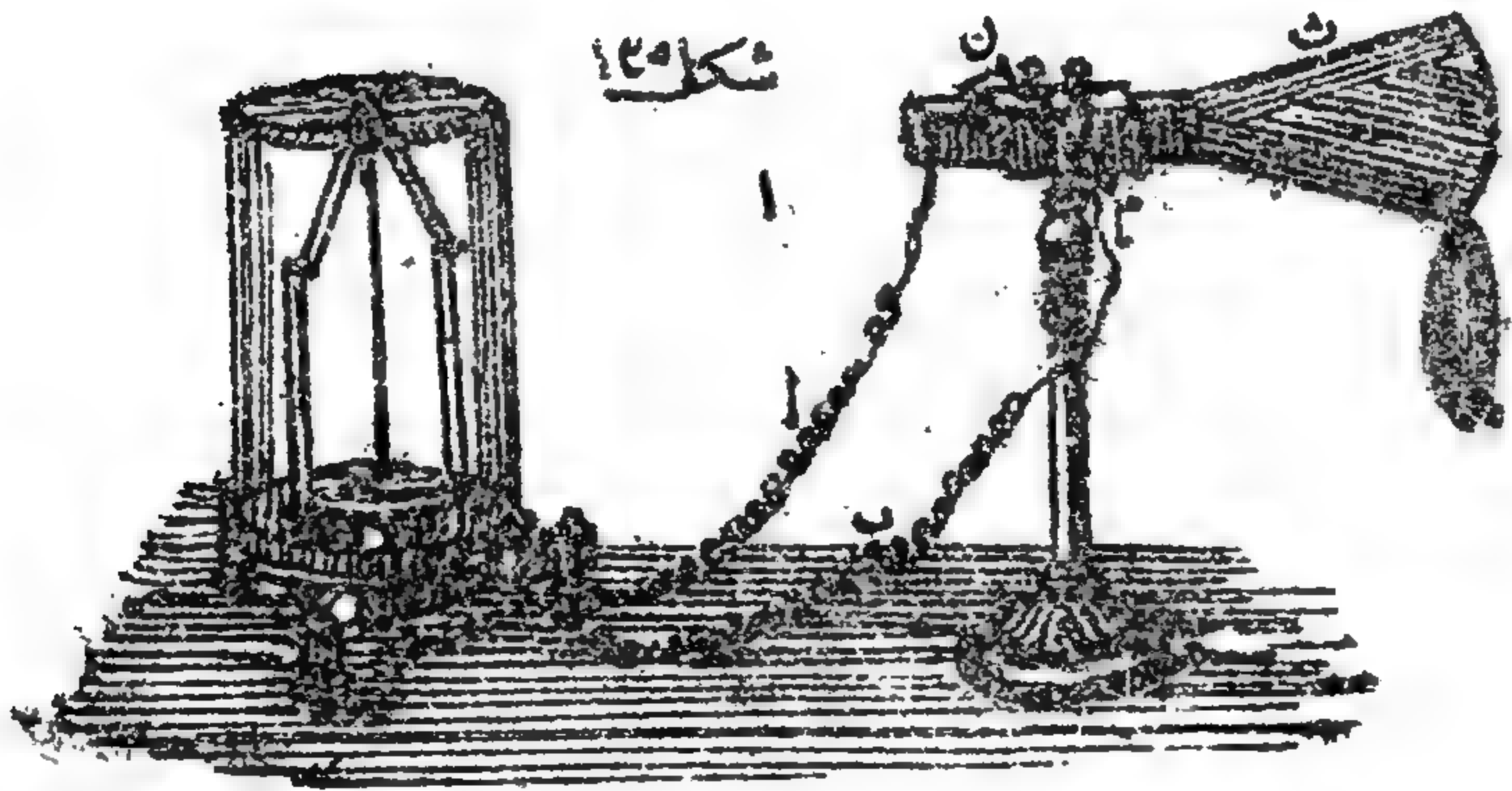
النظارة

* (١٦٥) *

النتارة وحينئذ فاقل زوجان للرآة يعطى صورة القسم الاكثر ارتفاعا و يتبع ذلك زاوية تباعد القضيب الممغطس وهى زاوية صغيرة دائما ولا تزيد على ثلاث درجات أو أربع ويتحصل هـ ذابوضع البوبين فى دورة التيار ومتى علمت زاوية التباعد يستنتج منها شدة التيار وحرارة سلكى البلاتين والبلاديوم بواسطة الجداول البيرومترية وتصنع هذه الجداول بالمشاهدات متى علمت الشدة المقابلة لحرارتين قريبتين من الحرارة التى يقصد مشاهدتها (انظر مشاهدات سنة ١٨٦٤ السنوية فى حافظة الفنون والصنائع) ودالات البيرومتر الكهربائى وصلت لغاية ١٢٠٠ درجة وهى درجة ذوبان البلاديوم

* (المبحث الرابع عشر فى الترمومتر الكهربائى) *

الترمومترات المختلفة التى ذكرناها الى هنا مؤسسة على تمدد الاجسام لكن الحرارة نولد أيضا ظواهر كهربائية بواسطةها يمكن تعيين درجات الحرارة ونذكر آلة من هـ ذا الجنس كثيرة الاحساس تسمى ترمومتر بليكاتور نظريتها مؤسسة على الظواهر المغناطيسية والظواهر الكهربائية وهى تتركب كما فى شكل ١٣٥



(١٦٦)

من اجتماع الجملوات متر مع العمود الحراري الكهربائي ويخرج من زرى م ن
من العمود سلكان من النحاس يصلان الى زرين آخرين مثبتين خارج قفص
الجملوات متر والسلك الاول يلامس طرف الدورة الجملوات مترية والثانى يلامس
طرفها الآخر

وينتج من ذلك أنه متى تولد التيار الحراري الكهربائي في العمود يتجه الى الجملوات متر
بأحد السلكين اوب ليرجع من السلك الآخر وقبل مرور التيار في الدورة
الجملوات مترية يعتنى بتنظيم وضع الجهاز بحيث يكون سلكا الدورة موازيين لاتجاه
الابرة المغنطسة والذي يعرفنا اتجاه التيار بعد ذلك زوغان قطب الابرة الجنوبي الى
المغرب أو الى المشرق اذا حصل تسخين أو تبريد

وأما كمية الحرارة التي يقبلها أو يفقدها العمود فتقاس بعدد درجات تباعد الابرة
جهة المغرب أو المشرق عن وضعها الاول وفي الواقع قد عرف من التجربة أنه لغاية
٣ درجة من الجملوات متر يكون زوغان الابرة مناسباً لكمية الحرارة الواقعة على العمود
وأما الزوغان الاكثر من ذلك فقد كور في مبحث الجملوات متر وبالنصوص كيفية عمل
المجداول التي تعطى شدة الحرارة المقابلة للزوايا المختلفة لتباعد الابرة

ولاجل حجز الاشعة الحرارية خلاف الاشعة التي يقصد دراستها يوضع على وجه العمود
المعرض لمنبع الحرارة أو البرودة مخروط من نحاس ث مسود الباطن والمجباب
الحجاز المستدير الذي ينخفض ويرتفع على حسب الارادة يستعمل لمرور الحرارة أو
منعها

ولاجل تسهيل دراسة التشعع اُضيف ميلوني الطلياني الى هذا الجهاز جلة قطع
اضافية تنبيه هذا الجهاز في الحقيقة ترمومتر اختلافى أعني أنه لا يعطى حرارة محل
معين من وسط وضع فيه بل الاختلاف بين حرارة هذا المحل وحرارة محل قريب منه

(الفصل الثانى فى تمدد الاجسام الصلبة وفيه مباحث)

(المبحث الاول فى التمدد الخطى والتمدد الحجمى ومكر التمدد)

قد ذكرنا فيما تقدم أنه عيز في الاجسام الصلبة نوعان من التمدد وهما التمدد الخطى أى
الطولى والتمدد الحجمى ومكر التمدد الخطى هو الاستطالة التي تأخذها وحدة الطول
بحسب متى ارتفعت درجة حرارته من الصفر الى درجة فوق الصفر ومكر التمدد الحجمى

* (١٦٧) *

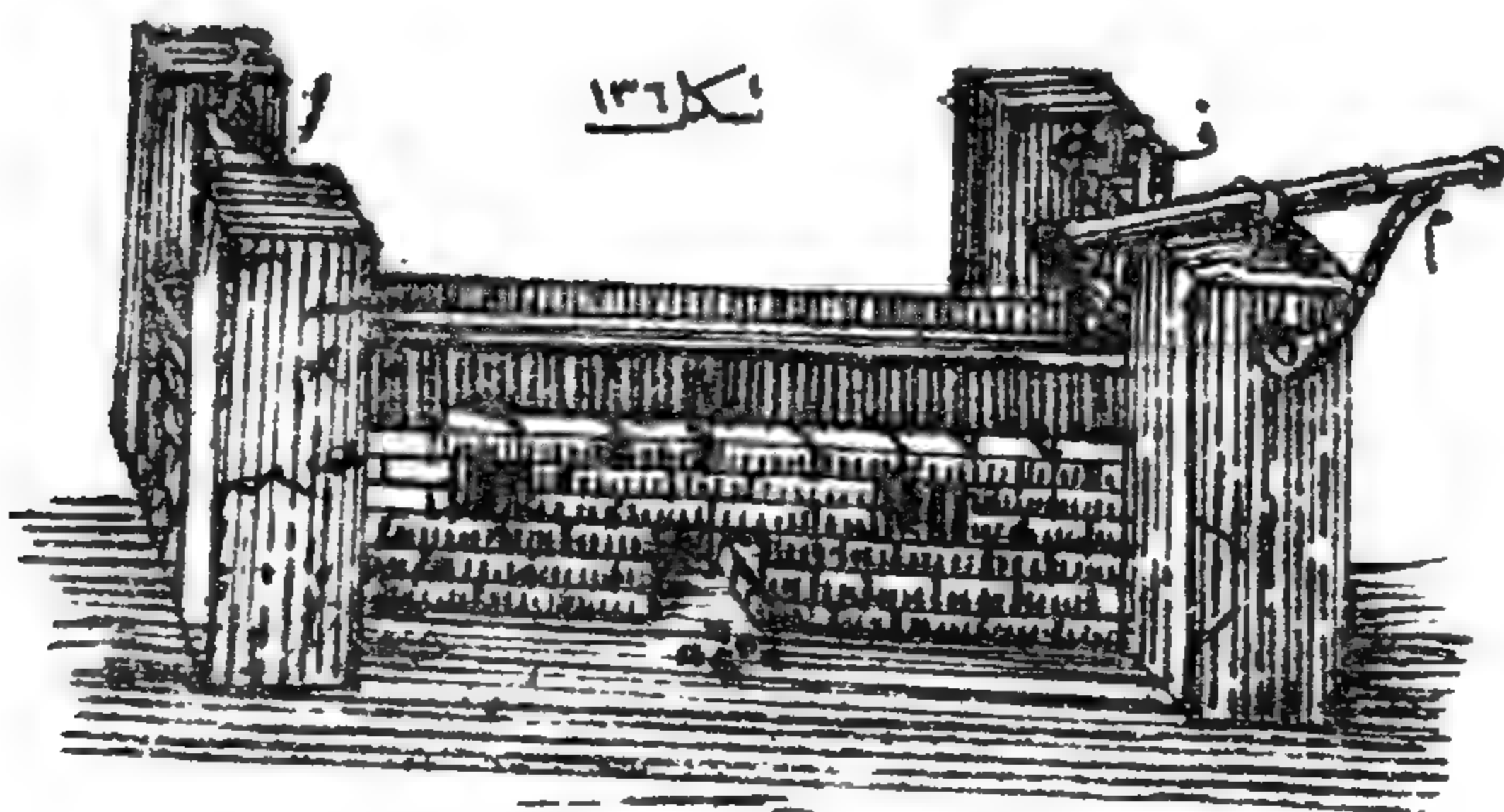
هو ان زيادة التي تأخذها وحدة حجم الجسم متى ارتفعت درجة حرارته من الصفر الى درجة فوق الصفر وهذا المكرران مختلفان باختلاف الاجسام لكنهما في الجسم الواحد توجد بينهما هذه النسبة البسيطة وهي أن مكر التمدد الجسمي يساوي ثلاثة أمثال مكر التمدد الخطي وحيث نثبت علم أحد المكررين يتعين الآخر بضرب المعلوم في ٣ أو بقسمته عليها ولاجل اثبات أن مكر التمدد الجسمي يساوي ثلاثة أمثال مكر التمدد الخطي نفرض مكعباً أحداً ضلعه يساوي ١ في الصفر فاذا رمز بحرف ط للطول الذي يأخذه هذا الضلع بانه من الصفر الى درجة فوق الصفر صار طوله في الدرجة المذكورة ١ + ط وحجم المكعب الذي كان واحداً في الصفر يصير في درجة واحد فوق الصفر هكذا

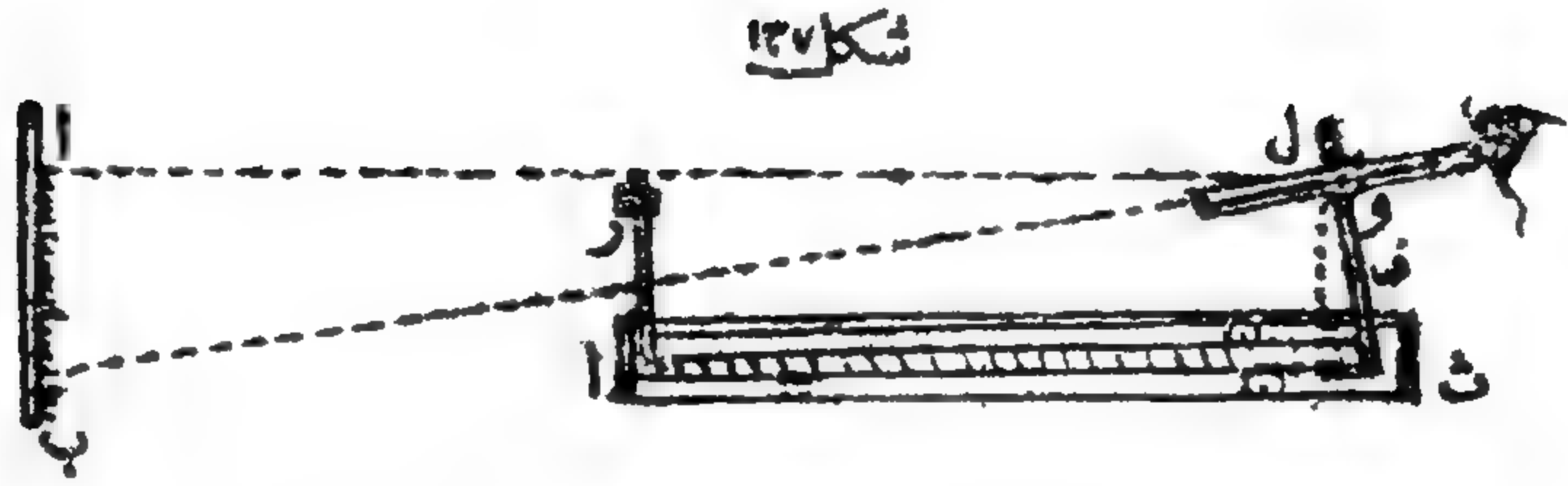
$$(١ + ط)^٣ \text{ أعني } ١ + ٣ ط + ٣ ط^٢ + ط^٣ \text{ وحيث ان الطول ط هو دائماً}$$

كسر صغير جداً فربعه ط ومكعبه ط^٣ يكونان كسرين صغيرين جداً لا يؤثر حذفهما في قيمة الكسور العشارية الدالة على مكر التمدد الجسمي الا قليلاً جداً فحيث نثبت يمكن حذفهما وبهذا يصير الحجم في درجة واحد هكذا ١ + ٣ ط تقريباً فظهر من هذا أن ازدياد الحجم يساوي ٣ ط أعني ثلاثة أمثال مكر التمدد الخطي وثبت أيضاً أن مكر التمدد الظاهري ضعف مكر التمدد الخطي

* (المبحث الثاني في قياس مكر التمدد الخطي بطريقة لا فواريه ولا بلاس) *

اخترعت أجهزة مختلفة لقياس مكر التمدد الخطي نذكر منها الجهاز الذي استعمله لا فواريه ولا بلاس الموضح منظوره في شكل ١٣٦ وقطاعه في شكل ١٣٧





وهو يتركب من حوض من نحاس موضوع على فرن بين أربع كتل من الحجر وبين الكتلتين الشاغلتيين بين الشـ كل محور أفقي ما رمنه مسطرة من الزجاج ف ومثبت في طرف هذا المحور ذراع م يدور معه مع ذل تدوير نظارة ل المتحركة على محورين وأما الكتلتان الاخرى فان ثبت فيهما قطعان من الحديد مثبت فيهما مسطرة ثانية من زجاج ر وبالجمل في الحوض حمام من الماء والزيت يوضع فيه قضيب اث المراد قياس مكررتده

فهذا القضيب حيث ان أحد طرفيه ملاصق للمسطرة الزجاج ر وطرفه الآخر للمسطرة ف فلا يمكنه الاستطالة الا في اتجاه اث لان المسطرة ر مثبتة في الكتلة الحجر ولاجل تسهيل حركة تمدد القضيب يوضع على اسطواناتين من الزجاج وبالجمل في وجود في النظارة خيط أفقي يمشى عدة أقسام على مسطرة اب العمودية الموضوعة في بعد ٢٠٠ متر متى دارت النظارة بعض زاوية

اذا تقرر ذلك فيوضع أولا الجليد في الحوض وحيث ان القضيب في الصفر فيلاحظ القسم الذي تقابل خيط النظارة معه على مسطرة اب ثم ينزع الجليد ويملأ الحوض بالماء أو الزيت (والزيت يمكنه أن يصل الى درجة عالية) ويسخن فيتمدد القضيب حينئذ ومتى صارت درجة الحمام ثابتة فانها تعين بواسطة الترمومتر المغمور فيه ثم يعين القسم من المسطرة المقابل لخيط النظارة كذلك وبواسطة هذه المعاليم تستنتج بعد ذلك استطالة القضيب

وفي الواقع حيث ان القضيب استطال بمقدار ن ت فقد اندفعت أى تأخرت مسطرة ف وجذبت معها ذراع م والعدسة ومال محورها البصرى في اتجاه وب وحيث ان

مثلث ون ت ووا ب متشابهان لأن أضلاعها متعامدة يذب ان $\frac{ن ت}{وا} = \frac{ون}{اب}$ وكذلك

وكذلك اذا مرنا بحرف ن ث لاستطالة ثانية وبحرف ا ب لازوغان المقابل لتلك الاستطالة يحصل $\frac{ن ث}{ا ب} = \frac{ون}{وا}$ وبشاهد من ذلك أن نسبة استطالة القضيب

الى زوغان العدسة ثابتة حيث انها تساوى دائما $\frac{ون}{وا}$ وحيث ثبت بتجربة أوليه فعلت

على قضيب ثان أطول من القضيب الاول بمقدار معلوم أن هذه النسبة كانت $\frac{ا ب}{٧٤٤}$ يحصل حينئذ أن $\frac{ن ث}{ا ب} = \frac{ا}{٧٤٤}$ وينتج من ذلك أن ن ث = $\frac{ا ب}{٧٤٤}$ أعني أن

الاستطالة الكاية للقضيب تحصل بقسمة المسافة المقطوعة بخيط النظارة على المسطرة المدرجة على ٧٤٤ ومتى علمت هذه الاستطالة فبقسمتها على طول القضيب وهو في الصفر مضروب في درجة حرارة الحمام يحصل تمدد وحدة الطول لدرجة واحدة أعني مكر والتمدد المخطى

وهالك جسد ولا يتضمن مكر والتمدد المخطى في كل درجة من الدرجات التي بين الصفر والمائة للأجسام الكثيرة الاستعمال في الصنائع

أسماء الاجسام	مكر والتمدد
زجاج أبيض	٠,٠٠٠٠٠٠٨٦١٣
بلاطين	٠,٠٠٠٠٠٠٨٨٤٢
فولاذ غير مسقى	٠,٠٠٠٠٠١٠٧٨٨
حديد زهر	٠,٠٠٠٠٠١١٢٥٠
حديد مطاوع مطروق	٠,٠٠٠٠٠١٢٢٠٤
فولاذ مسقى	٠,٠٠٠٠٠١٢٣٩٥
ذهب	٠,٠٠٠٠٠١٤٦٦٠
نحاس أحمر	٠,٠٠٠٠٠١٧١٨٢
نوج	٠,٠٠٠٠٠١٨١٦٧
نحاس أصفر	٠,٠٠٠٠٠١٨٧٨٢
فضة	٠,٠٠٠٠٠١٩٠٩٧

٠,٠٠٠٠٠٠٢١٧٣٠	قصدير
٠,٠٠٠٠٠٠٢٨٥٧٥	رصاص
٠,٠٠٠٠٠٠٢٩٤١٧	خارصين

وأما تعيين مكرر التمدد المجمى فهو بمقتضى النسبة التى شوهد وجودها بينه وبين مكرر التمدد الخطى كما تقدم فى التمدد الخطى والتمدد المجمى يستنتج من ضرب هذه الأعداد المذكورة فى ثلاثة ومع ذلك سنوضح عند الكلام على الترمومتر الثقلى طريقة دلونج وبوتيت لتعيين مكرر التمدد المجمى مباشرة

* (المبحث الثالث فى تزايد مكرر التمدد مع تزايد درجة الحرارة) *

ظهر من التجربة أن مكرر التمدد الخطى للمعادن ثابت تقريباً فيما بين الصفر ودرجة مائة أعنى أنه يمكن أن يقال بدون غلط محسوس أن الطول يزداد بمقدار كسر واحد فى عدد واحد من الدرجات عن الطول الذى كان فى درجة الصفر لكن بمقتضى تقديرات دلونج وبوتيت يصير مكرر التمدد عظيمًا فيما بين درجة ١٠٠ و ٢٠٠ ويزداد أيضاً فيما بين درجة ٢٠٠ و ٣٠٠ وهكذا إلى درجة الذوبان وانما يستثنى الصلب المسقى فقط لأن مكررت تمدده ينقص متى زادت الحرارة عن بعض حد

* (قوانين مختصة بتمدد الأجسام الصلبة) *

ليكن L طول قضيب فى درجة الصفر و L_t طوله فى درجة t و K مكررت تمدده الخطى فتعین النسبة التى توجد بين هذه الكميات المختلفة بالقوانين الآتية

حيث أن الاستطالة المقابلة لدرجة واحدة مقدرة بحرف K فتكون الاستطالة المقابلة لدرجة t Kt لوحد الطول ومن ذلك يكون $L_t = L + Kt$ لوحد L ويصير حينئذ طول القضيب الذى كان L فى الصفر $L + Kt$ فى درجة t

وينتج من ذلك أن $L_t = L + Kt$ (١)

وإذا وضع L مضروباً مشتركاً يصير $L_t = L(1 + Kt)$ (٢)

والقانون الثانى يستعمل لايجاد طول L_t فى درجة t متى علم طول L فى درجة

الصفر بقسمة العدد L_t على $(1 + Kt)$ ويستنتج من ذلك $L = \frac{L_t}{1 + Kt}$ (٣)

وهذا

وهذا القانون الأخير يستعمل لايجاد الطول في الصفر متى علم طول ل في درجة ت وأخيرا اذا وضعنا في القانون الاول ل في الطرف الاول وقسمنا الطرفين على ت ل نجد

$$\text{أن } \frac{\text{ل} - \text{ل}}{\text{ت} - \text{ت}} = \text{ك} \quad (٤)$$

وهذا القانون يستعمل لمعرفة مكر التمدد ك متى علم ل و ل و ت واذا اعتبرنا التمدد المجمعي بدل التمدد الخطي نجد قوانين مشابهة للقوانين المذكورة ولاجل ذلك ليكن ح حجم الجسم في درجة الصفر و ح حجمه في درجة ت وك مكرر تمدده المجمعي الذي هو ثلاثة ك كما تقدم فنجد بنفس البراهين السابقة $\text{ح} = \text{ح} + ١$

$$\text{كحيث } (٥) \text{ و } \frac{\text{ح}}{\text{كحيث} + ١} = \text{ح} \quad (٦)$$

وهذان القانونان يستعملان للانتقال من الحجم في درجة الصفر الى الحجم في درجة ت ومن درجة ت الى درجة الصفر بوضع ٣ ك عوضا عن ك ويمكن ايضا كتابتهما

$$\text{هكذا } \text{ح} = \text{ح} + ١ \text{ كحيث } (٥) \text{ و } \frac{\text{ح}}{\text{كحيث} + ١} = \text{ح} \quad (٦)$$

بعض مسائل مختصة بالتمدد المسئلة الاولى قضيب من الحديد طوله ٢,٦ متران في درجة الصفر فما يكون طوله في درجة ٨٠ + والمحال أن مكررت تمدد الحديد ٠,٠٠٠٠٠١٢٢

المجواب هذه المسئلة تحل بالقانون الثاني من قوانين التمدد بان يفعل هكذا ل = ٢,٦ مترين و ت = ٨٠ و ك = ٠,٠٠٠٠٠١٢٢

ويتحصل من هذا أن ل = ٢,٦ مترين $(٨٠ \times ٠,٠٠٠٠٠١٢٢ + ١)$ $٢,٦ =$ مترين $\times ١,٠٠٠٠٩٧٦ = ٢,٦٠٢٥$ مترين اعني أن الطول المبحوث عنه هو ٢,٦٠٢٥ مترين وتكون الاستطالة اثنين ميليمتر ونصفا

المسئلة الثانية قضيب من النحاس طوله ٣,٤ مترا وهو في درجة ٩٠ فما يكون ظوله في درجة الصفر والمحال أن مكررت تمدد النحاس ٠,٠٠٠٠٠١٧٢

*** (iv) ***

الجواب — هذه المسئلة تحل بالقانون الثالث من قوانين التمدد بأن يفعل هكذا =
٣٫٤ مترا و ت = ٩٠ و ك = ١٧٢ .٠٠٠٠٠

وينتج من ذلك أن $ل = \frac{٢٠٤}{٩٠ \times ٠,٠٠٠٠١٧٢ + ١} = \frac{٢٠٤}{١,٠٠١٥٤٨} = ٣,٣٩٥$ ميرا

المسألة الثالثة قضيب معدني طوله l في درجة t فما يكون طوله l في درجة t' والمحال أن مكررت عدة هوك

الجواب هذه المسئلة تحل بالبحث عن طول القضييب في درجة الصفر وهو $\frac{1}{1 + \sqrt{2}}$

بمقتضى القانون الثالث من قوانين التمدد يتم انتقال من طوله في الصفر الى طوله في درجة
ت بواسطة القانون الثامن اعني بأن يضرب في ١ + ك ما يعطى الطول المبحوث عنه

$$\frac{J_{(1+K)}}{1+K} = J$$

المسألة الرابعة اذا قيس على درجة ت طول معلوم بمسطرة معدنية مقسمة مائة اجزاء
ووجد أن هذا الطول يحتوى على ن من أقسام المسطرة وكانت هذه المسطرة قسمت
في درجة الصفر فما التصحيح الذي يفعل لاجل حساب عمدها من الصفر الى
درجة ت

المجواب لاجل ذلك نعتبر أن كل قسم من أقسام المسطرة في الصفر يساوي واحد ميليمتر وفي درجة ت يساوي كل قسم منها $(1 + ك ت)$ وهو مكرر عند المسطرة فالأقسام المتحصلة حينئذ لا تبين ميليمتر بل $(1 + ك ت)$ وهو العدد الحقيقي بالميليمتر الموافق للطول الذي قيس

المسئلة الخامسة جسم كثافته د في درجة الصفر فانه تكون كثافته د في درجة ت
 الجواب يرمز لجسم الجسم في درجة الصفر بواحد ولم يكرر تده الجسم بحرفي كع
 فيصير حجمه في درجة ت $1 + ك$ ت وحيث ان كثافة الجسم تكون على حسب

عكس الحجم الذي يأخذه: $\frac{2}{3}$ بقدره فتصير النسبة منعكسة $\frac{1}{1 + كج ت} = \frac{2}{3}$

وَمِنْهُ

* (١٧٣) *

$$\text{وينتج من ذلك أن } \frac{د}{١ + ك ح ت} = د$$

المسألة السادسة كرة من زجاج حجمها ف في درجة ت فما يكون حجمها ف في درجة الصفر

الجواب لا حل لهذه المسألة يفرض أن كرة الزجاج تتمدد بتغير الحرارة المعينة بنفس الكمية التي تتمدها كرة من زجاج مصمتة مماثلة لها في الحجم فإذا رمزنا حينئذ بحرفي كح المكرر التمدد الحجمي للزجاج وبحرف ف لحجم الكرة في الصفر يتحصل بمقتضى قانون (٥) من قوانين التمدد $ف = ف + ك ح ت = ف (١ + ك ح ت)$

$$\text{ك ح ت (ينتج ف)} = \frac{ف}{١ + ك ح ت}$$

* (المبحث الرابع في استعمال تمدد الأجسام الصلبة) *

تمدد الأجسام الصلبة يظهر استعمالات عديدة في الصنائع منها أن مصبغات الأفران مثلا لا ينبغي أن تكون أطرافها متعشقة بالضبط في البنيان بل تكون خالصة ولومن أحد الأطراف والأفصلت بناء جدران الكوائن بقوة تمددها ومنها أن القضيب من الحديد إذا وضع بين جدارين وهو بارد ثم سخن بالنار أبعدهما وإذا وضع وهو سخن ثم برد قربهما وان كانا متينين ولذا أن طارات الحديد التي تحيط بعجل العربات توضع عليها وهي محماة لتضغط على دوائرها إذا بردت وبذلك تصير أمانت وأمن عمالو وضعت وهي باردة ومنها أن أشربة طرق الحديد التي تجري عليها العربات يلزم أن تنظم بحيث يكون بين أطرافها مسافة لتمدد من التمدد إذا حصل تغير في درجة الحرارة فإن لم يترك بينهما مسافة انحنى من مسافة إلى أخرى أو كسرت وسأندها ومنها أنه إذا سخن أو بردت من زجاج دفعة انكسر وينسب ذلك إلى كون الزجاج موصلا ودينا للحرارة فتسخن جدرانها أو تبرد بدون انتظام وينشأ عن ذلك تمددها أو انقباضها بدون انتظام فيحدث الكسر ومنها الترمومتر المعدني وتعديل البندول

* (المبحث الخامس في تعديل البندول) *

اختلاف تمدد المعادن له استعمال مهم في تعديل البندول ويسمى بندولا معدلا

* (١٧٤) *

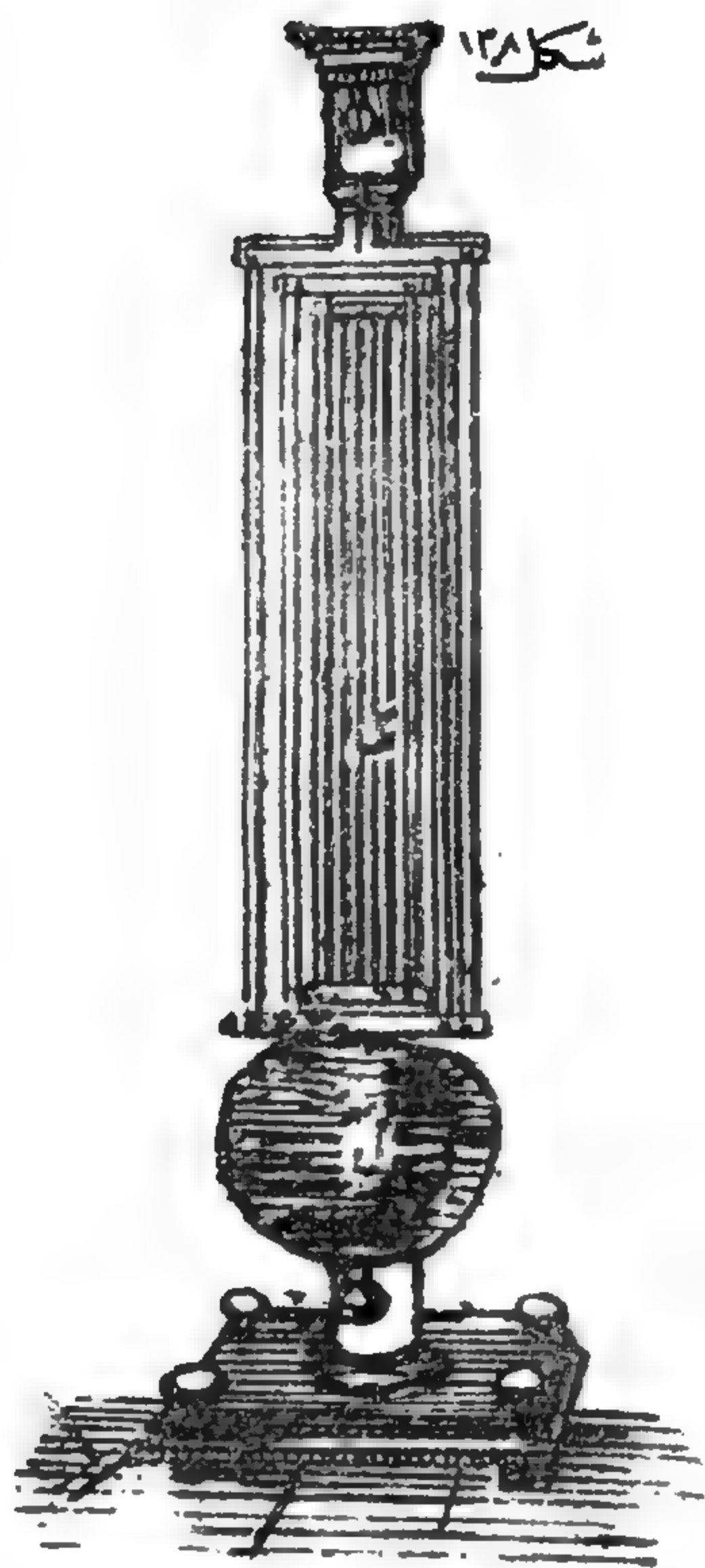
البندول الذي تكون فيه استطالة الساق معادلة إذا ارتفعت درجة الحرارة بحيث تبقى المسافة بين مركز التعليق ومركز الذبذبة ثابتة وهذا هو الذي يلزم بمقتضى قوانين البندول حتى يكون الزمن ثابتا ويتمكن من استعمال البندول منتظما للساعات وقد وضعت جملة أجهزة لتعديل البندول والمختار منها على العموم الجهاز الموضح في شكل ١٣٨ المنسوب الى لورواي

والعدسة ل في هذا الجهاز عوضا عن أن تكون ممسوكة بساق واحدة ممسوكة ببروازين قضبانها الرأسية تكون على التوالي من الصلب ثم النحاس الأصفر وقضبان الصلب في هذا الشكل متميزة بكثرة تلوينها وعددها ستة ومنظمة مع صفيحة من الفولاذ ب تحمل جميع البندول وتحثني في كل حركة والقضبان الأخرى أربعة وهي من النحاس الأصفر والساق ي الحامل لعدسة ل مثبت من جزئه العلوي في العارضة الأفقية العليا وجزؤه السفلي الخالص يمر في ثقبين مستديرين مصنوعين في العارضة الأفقية السفلى

ويشاهد من كيفية ارتباط القضبان الرأسية ببعضها بواسطة العوارض الأفقية أن استطالة القضبان الصلب لا تحصل إلا من أعلى إلى أسفل واستطالة قضبان النحاس تحصل من أسفل إلى أعلى

وبناء على ذلك يلزم لأجل أن يبقى طول البندول ثابتا أن استطالة القضبان النحاس ترفع العدسة بالضبط بقدر الكمية التي تخفضها بالقضبان الصلب ويحصل على هذه النتيجة بإعطاء قضبان الحديد والنحاس الأصفر أطوالا على حسب عكس مكررت عدد هذين المعدنين

ويتوصل



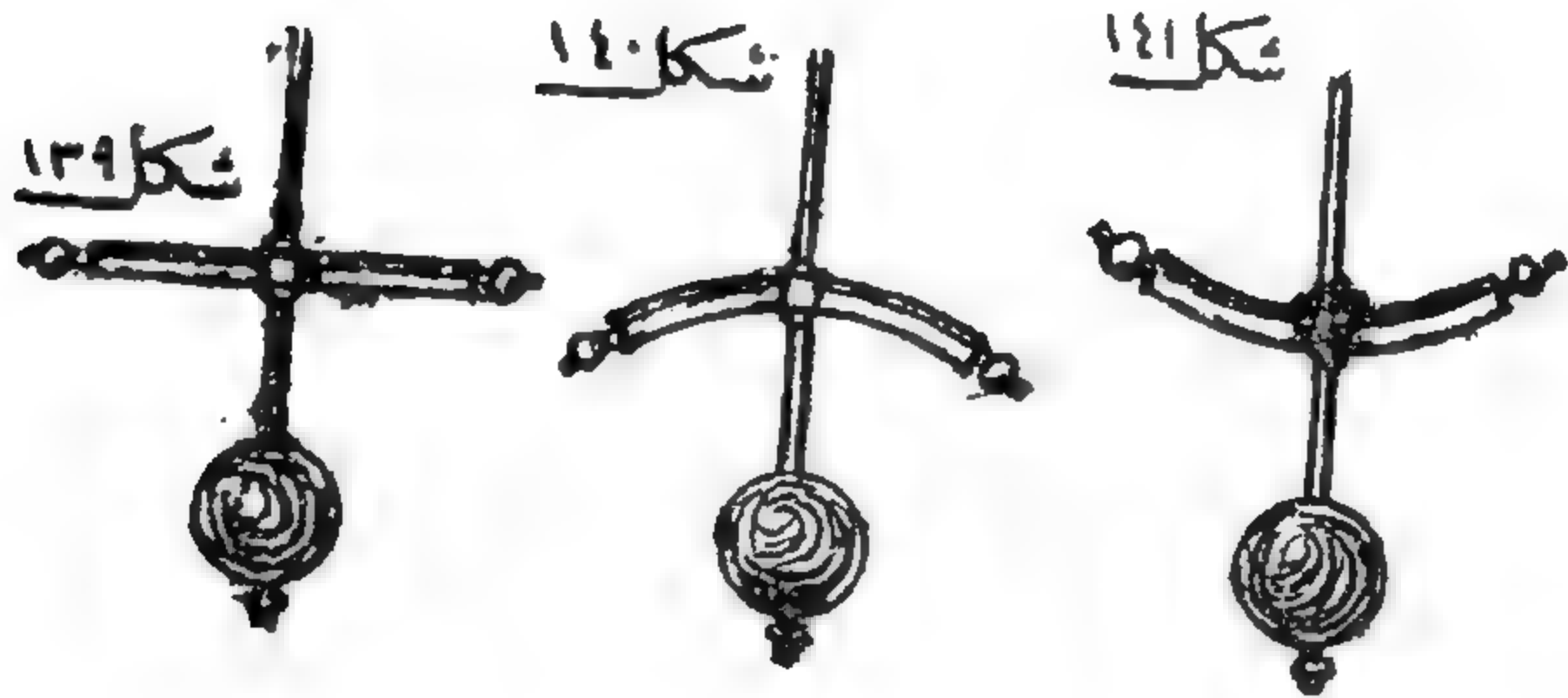
(١٧٥)*

ويتوصل أيضا الى تعديل استطالة ساق البندول بواسطة الصفائح المعدلة ويعطى هذا الاسم لصفحتين من النحاس والحديد لهما وجهان متقابلان في ساق البندول كما يتضح من شكل ١٣٩

وصفيحة النحاس الاكثر تمددا تكون أسفل صفيحة الحديد فتنخفض الحرارة قصر ساق البندول وارتفعت العدسة لكن تنحني الصفيحة المعدلة حينئذ كما يظهر من شكل ١٤٠

وينسب ذلك لانقباض النحاس أكثر من الحديد بحيث تنخفض الكرتان المعدنيتان الموضوعتان في طرفي الصفيحة ويحصل التعديل بين النقط القريبة من مركز التعليق والنقط البعيدة عنه اذا كانت كتل الكرتين متناسبة وبهذا لا يتحول مركز الذبذبة

واذا ارتفعت درجة الحرارة تنزلات العدسة لكن تصعد الكرتان كما يظهر من شكل ١٤١ ويحصل التعديل أيضا



(الفصل الثالث في تمدد الساعات وفيه مباحث)

(المبحث الاول في التمدد الظاهري والتمدد الحقيقي)

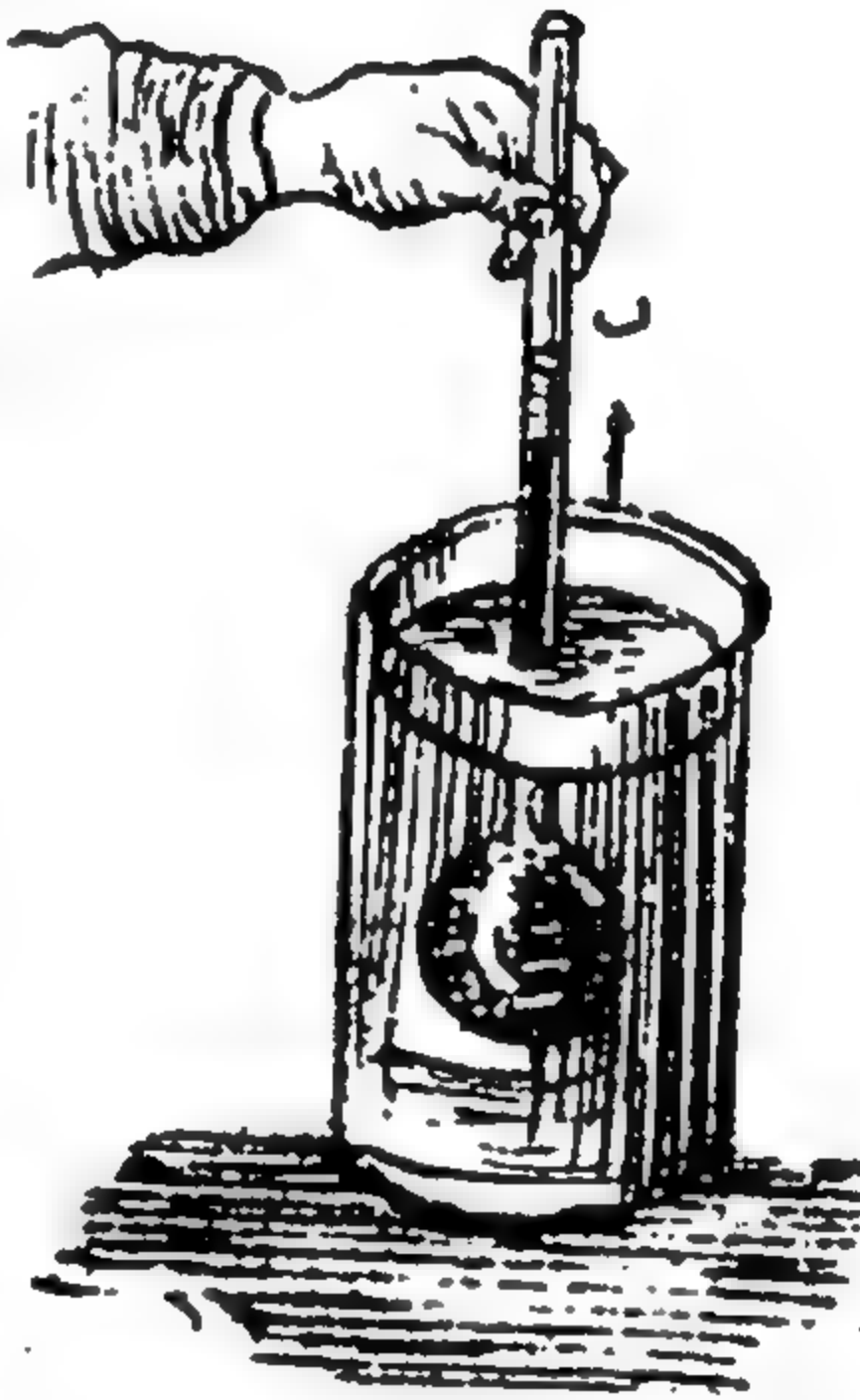
لا يعتبر في الساعات الا التمدد المسمى الذي ينقسم الى تمدد حقيقي والى تمدد ظاهري فالتمدد الظاهري هو الزيادة التي يأخذها حجم السائل المنحصر في ظرف يتمدد اقل من

* (١٧٦) *

هذا السائل لتمدد الزئبق والكحول في الترمومترات والتمدد الحقيقي هو الزيادة الحقيقية التي يأخذها الحجم من السائل بقطع النظر عن تمدد الظرف ويصير تأثير تمدد الظرف محسوسا بنمتر ترمومتر ذي مستودع كبير ملائ نصف ساقه بالكحول الملون في ماء ساخن كما في شكل ١٤٢

فعند وضع المستودع في الماء ينخفض الكحول في الأنبوبة من ب إلى أ وهذا ناشئ في الحقيقة عن تمدد جدران الظرف لكن إذا استمر غمر المستودع سخن الكحول وصعد بمقدار مساو لتمدده الحقيقي ناقص تمدد الظرف

شكل ١٤٢



ومكرر التمدد لسائل هو الزيادة التي تزيدها واحدة الحجم متى ارتفعت درجة الحرارة من الصفر إلى درجة فوق الصفر كما تقدم في الجوامد لكن يـيز حينئذ مكرر تمدد ظاهري ومكرر تمدد حقيقي واستعملت جملة طرق لتعيين مكرر التمدد الظاهري والحقيقي لم نذكر منها إلا الطريقة التي استعملها دولونغ وبوتيت

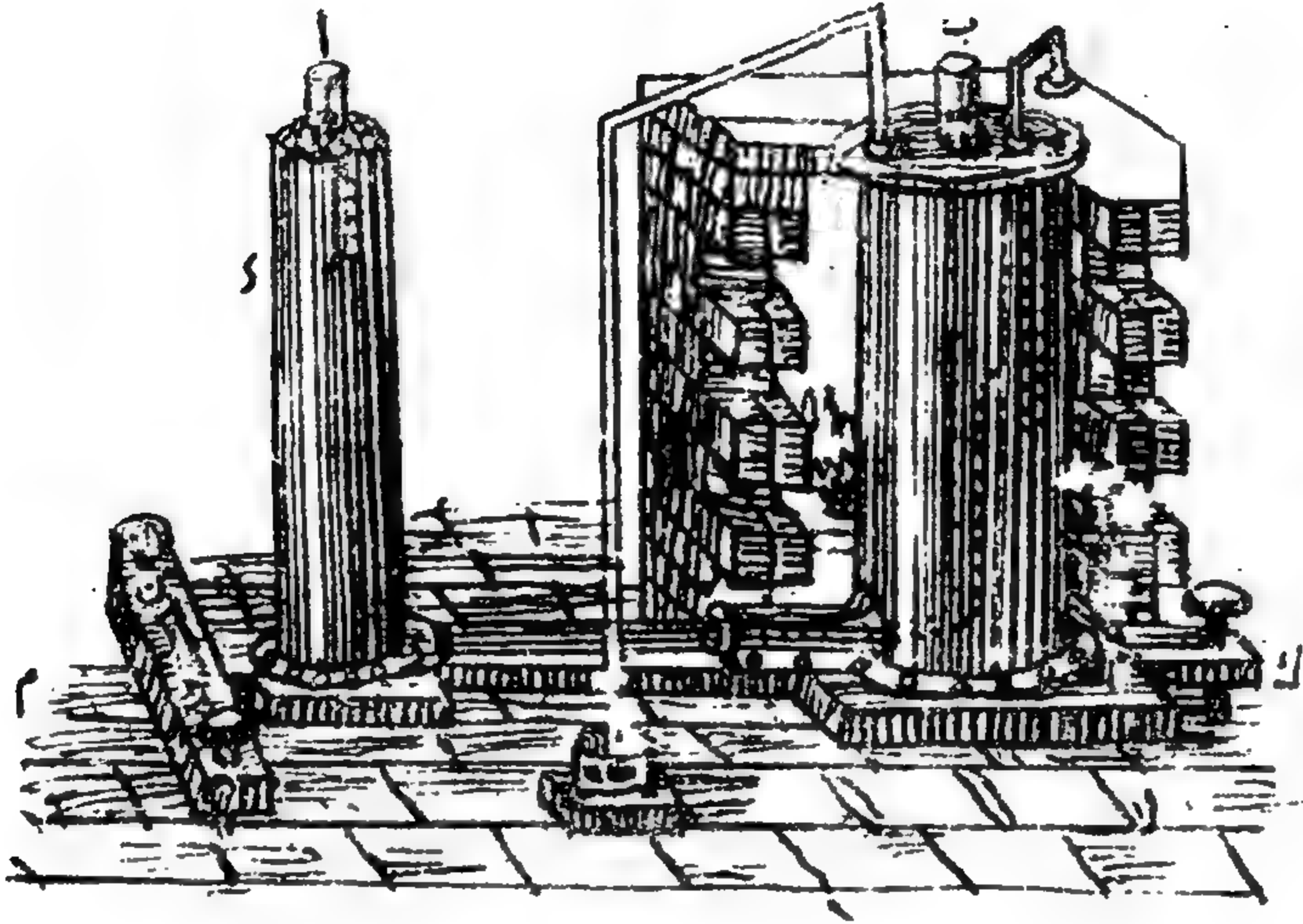
* (المبحث الثاني في مكرر التمدد الحقيقي للزئبق) *

لأجل تعيين مكرر التمدد الحقيقي للزئبق يلزم اجتناب تأثير تمدد الظرف وتوصل دولونغ وبوتيت لهذا باستنادهما على قاعدة الأيدروسستاتيك وهي أن ارتفاع السائلين المحدثين للوازنة في أنابيب مستطرقين ببعضهما يكون على حسب عكس كثافتهما وهذه القاعدة غير متعلقة بقطري الأنبوبين ولا بتمددهما

ويتركب جهاز دولونغ وبوتيت من أنبوبتين من زجاج أ و ب شكل ١٤٣

منضمتين

(١٧٧) * شكل
١٤٤



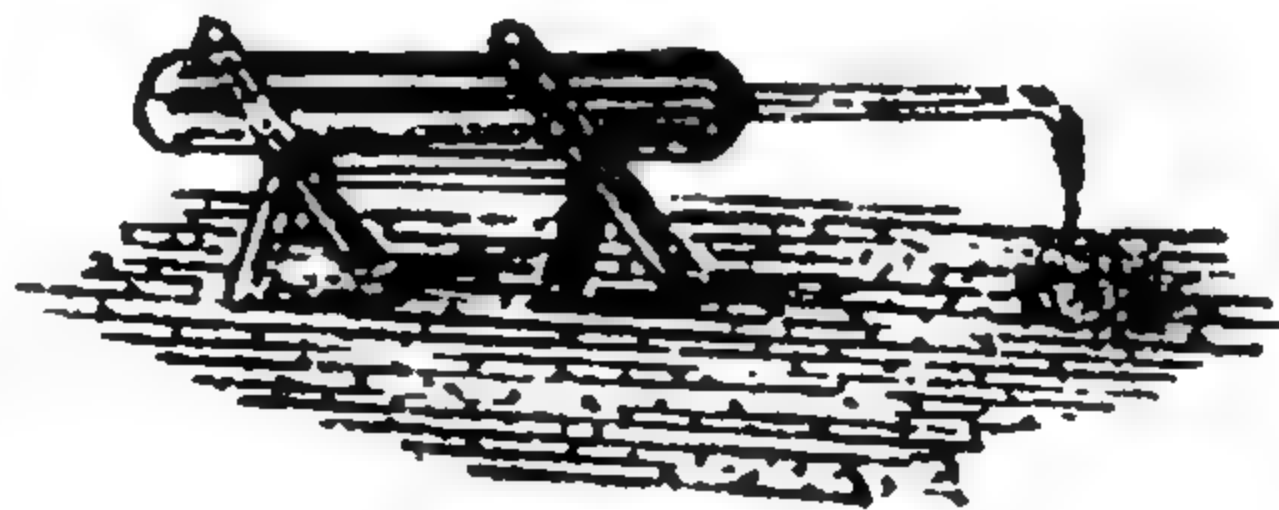
منضمتين بأنبوبة شعيرية وممسوكتين رأسياً على حامل من حديد ك م يعطى له الوضع
الافقي بواسطة برمضاغة ومن ميزاني تسوية ذواتي كرة هوائية م ون وكل من
الانبوتين مغلف بغلاف معدني أصغرهما د ملآن بالجليد المجروش والآخر بزيت
يسخن بالتدريج بواسطة فرن صغير ثم عملاً أنبوتاً أ وب بالزئبق الذي يأخذ استواء
واحد متى كانت الانبوتتان في حرارة واحدة لكنه يرتفع في أنبوبة ب بمجرد تسخينها
إذا تفرز ذلك فليكن ش ارتفاع الزئبق في أنبوبة أ أعلى محور الانبوبة الأفقية
في درجة الصفر ود كثافته وإيكن ش ود رمز النفس المقادير في أنبوبة ب
في درجة ت فبمقتضى قاعدة الأيدروسستاتيك المذكورة يصير ش د = ش ت
وحيث أن د = $\frac{S}{1 + K T}$ (كما تقدم في المسئلة الرابعة من مسائل التمدد) وله
هي مكر التمدد الحقيقي للزئبق فبموجب د بقيتها في المعادلة المذكورة يوجد
أن ش د = ش و ينتج من ذلك أن ك = ش - ش ت وبهذا القانون

الآخر يوجد مكر التمدد الحقيقي للزئبق متى قيس ارتفاعا شوش هذا السائل في الأنبوبتين وكذا درجة تلمحمام الذي غمرت فيه أنبوبة ب وكان قياس هذه الدرجة في تجربة دولونغ وبوتيت بالترمومتر الثقلي ب الذي ينصب زئبقه في جفنة ث وبالترمومتر الهوائي ت الملا آن بالهواء الجاف ومنته بأنبوبة طويلة شعيرية تنغمر في حوض ر الملا آن بالزئبق فيمجرد ارتفاع درجة الحمام الزئبقي يتمدد الهواء في هذا الترمومتر ويصعد من الأنبوبة ثم تنقطع التسخين انقبص الهواء و بانقباضه ينصب زئبق الحوض في مستودع الترمومتر فاذا برد المستودع الى الصفر ينغمر في الجليد علم من وزن الزئبق الذي دخل فيه حجم الهواء الذي خرج منه وبعد ذلك يستخرج درجة الحرارة التي وصل اليها الترمومتر بواسطة معادلة $H = (A + K) T$ الانبوبة في تمدد الغازات وأما ارتفاعا شوش في قياسا بواسطة السكايتومتر وبهذه الطريقة وجد دولونغ وبوتيت أن مكر التمدد الحقيقي للزئبق فيما بين الصفر ودرجة ١٠٠ $\frac{1}{100}$ لكنهما لاحظا أن هذا التمدد يزداد مع ازدياد الحرارة ويكون متوسط مكر التمدد فيما بين درجة ١٠٠ ودرجة ٢٠٠ $\frac{1}{200}$ وفيما بين درجة ٢٠٠ ودرجة ٣٠٠ $\frac{1}{300}$ وتظهر هذه الظاهرة في جميع السوائل الاخر وهذا يري أن هذه الاجسام لا تتمدد بانتظام وثبت أن تمددها يلتر عدم انتظامه كلما كانت أكثر قربا من درجة تجمدها أو من درجة غليانها وأما الزئبق فقد أثبت دولونغ وبوتيت أنه يتمدد بانتظام من درجة ٣٦ - الى درجة + ١٠٠

(المبحث الثالث في مكر التمدد الظاهري للزئبق)*

مكر التمدد الظاهري لسائل يتغير تبعاً لتغير طبيعة ظرفه وقد عين دولونغ وبوتيت مكر التمدد الظاهري للزئبق في الزجاج بواسطة الجهاز الموضح في شكل ١٤٤

وهو يتركب من مستودع اسطوانى من الزجاج ملحوم فيه أنبوبة شعيرية منحنية على زاوية قائمة ومفتوحة الطرف



(١٧٩)

ولاجل فعل التجربة توزن الآلة فارغة ثم ملائمة بزئبق في درجة الصفر و فرق
الوزنين يعطى الثقل \bar{p} للزئبق المنحصر في الجهاز ثم يتوصّل بالجهاز بعد ذلك
لدرجة حرارة معلومة t يتمدد الزئبق وتخرج من الجهاز كمية من الزئبق نستقبل
في جفنة صغيرة وتوزن فاذا رمزنا بحرف \bar{p} لثقل الزئبق الذي خرج كان ثقل الزئبق
الباقي في الجهاز $\bar{p} - \bar{p}$ ثم يرجع الآلة للصفر ثانياً يبرد الزئبق ويحدث
في المستودع فراغ بين الانقباض الذي كابده الزئبق $\bar{p} - \bar{p}$ حينئذ يبرد من درجة
 t الى الصفر أو يبين كذلك تمده من الصفر الى درجة t أعني أن الثقل \bar{p} يبين
التمدد لدرجة t من ثقل $\bar{p} - \bar{p}$ وحينئذ اذا كان الثقل $\bar{p} - \bar{p}$ المأخوذ
في الصفر تمّدد في الزجاج بمقدار \bar{p} لمحد درجة t فتتمدد وحدة الثقل في نفس

الشروط $\frac{\bar{p}}{\bar{p} - \bar{p}}$ لدرجة t و $\frac{\bar{p}}{(\bar{p} - \bar{p})}$ لدرجة واحدة وحينئذ

$\frac{\bar{p}}{(\bar{p} - \bar{p})}$ تبين مكر التمدد الظاهري للزئبق في الزجاج

وعلى ذلك اذا كان k هذا المكر فيصير $k = \frac{\bar{p}}{(\bar{p} - \bar{p})}$ وهكذا ونجد

دولونغ وبوتيت أن مكر التمدد الظاهري للزئبق في الزجاج $\frac{1}{148}$

(المبحث الرابع في الترمومتر الثقلي)

الجهاز الموضح في شكل ١٤٤ السابق يسمى بالترمومتر الثقلي لانه من وزن
الزئبق الذي يخرج منه تستخرج درجة الحرارة التي وصلت اليها الآلة وفي الواقع أن

التجربة السابقة أوصفت الى هذا القانون $\frac{\bar{p}}{(\bar{p} - \bar{p})} = \frac{1}{148}$

* (١٨٠) *

ويوجد بإزالة المقامات $\bar{ب} \times ٦٤٨٠ = (ب - \bar{ب}) ت$ وينتج من ذلك

$$ت = \frac{\bar{ب} \times ٦٤٨٠}{(ب - \bar{ب})} \text{ ويستنتج من هذا القانون } ت \text{ متى علمت } ب \text{ و } \bar{ب}$$

* (المبحث الخامس في مكررتعداد الزجاج) *

حيث كان التمدد الحقيقي لسائل مساوياً بالتمدده الظاهري مضافاً إليه تمدد الطرف فيحصل مكررتعداد المجمل للزجاج بأخذ الفرق بين مكررتعداد الحقيقي للزئبق ومكررتدده المجمل أعني أن مكررتعداد المجمل للزجاج يساوي $\frac{١}{٣٨٦٧١} = ٠,٠٠٠٠٠٢٥٨٥$

وقد أثبت ريديول أن مكررتعداد الزجاج ليس واحداً في جميع أنواع الزجاج وأنه يتغير تبعاً لغير شكل الطرف ووجد أن مكررتعداد الزجاج المعتاد اتخذته منه الانابيب السكياوية يساوي $٠,٠٠٠٠٠٢٥٤$

* (المبحث السادس في مكررتعداد السوائل المختلفة) *

يعلن تعيين مكررتعداد الظاهري لجميع السوائل بطريقة الترمومتر الثقلي المذكورة في المبحث الثالث

ولاجل الحصول بعد ذلك على مكررتعداد الحقيقي يضاف مكررتعداد الظاهري لمكرر تعداد الزجاج وهذا ينتج من الارتباط الوجود بين الثلاث مكررات المتقدمة في مكررتعداد الزجاج

التمدد الظاهري لبعض سوائل من درجة الصفر إلى درجة ١٠٠ تبعاً لدرجة

زئبق	٠,٠١٥٤٣	زيت الترمنتينا	٠,٠٧
ماء مقطر	٠,٠٤٦٦	اتير كبريتيك	٠,٠٧
ماء مشبع بملح الطعام	٠,٠٥	الزيت الثابتة	٠,٠٨
حمض كبريتيك	٠,٠٦	كحول	٠,١١٦
حمض كلورايدريك	٠,٠٦	حمض آزوتيك	٠,١١

وهذه الأعداد الدالة على التمدد الكلي من درجة الصفر إلى درجة ١٠٠ + بلزم قمتها على ١٠٠ للحصول على التمدد لدرجة واحدة أو على مكررتعداد لكن النتائج

* (١٨١) *

المحصله حينئذ لا تبين متوسط مكر والتعدد للسوائل لان هذه الاجسام تتمدد بدون انتظام وياخذ مكر تعددها في الازدياد بانتظاما من درجة الصفر ويستثنى منها الزئبق فقط الذي تعدده يكون بانتظام من درجة ٣٦ - الى درجة ١٠٠ كما تقدم

(المبحث السابع في تصحيح الارتفاع البارومتري)

تقدم في مبحث تعديل درجة الحرارة من الفصل الثاني من الباب الرابع أنه لاجل أن تكون دلالات هذه الآلة مماثلة لبعضها في المحال المختلفة وفي الفصول المختلفة يلزم ترجيع عمود الزئبق دائما الى درجة حرارة ثابتة وهي درجة الجليد الذائب ويفعل هذا التصحيح بالحساب الآتي وهو أنه اذا كان ش ارتفاع البارومتري في درجة ت وش ارتفاعه في درجة الصفر ورمزنا بحرف د لكثافة الزئبق في درجة الصفر وبحرف و لكثافته في درجة ت يعلم مما تقدم أن ارتفاعي ش وش يكونان على حساب عكس

$$\text{كثافتي د و أعني بصير } \frac{\text{ش}}{\text{ش}} = \frac{\text{د}}{\text{و}} \quad (١)$$

لكن اذا بينا حجم الزئبق في درجة الصفر بواحد بصير حجمه في درجة ت + ك ت وك هي مكر التعدد الحقيقي للزئبق وحيث شاهدنا في المسئلة الرابعة من مسائل التمدد أن نسبة حجمي ا و + ك ت مساوية لنسبة عكس كثافتي د و بصير

$$\frac{1}{\text{و} + \text{ك ت}} = \frac{\text{د}}{\text{د}} \quad (٢)$$

اذا تقر ذلك فن مساواة (١) و (٢) يحصل $\frac{\text{ش}}{\text{ش}} = \frac{1}{\text{و} + \text{ك ت}}$

ومن ذلك ينتج $\frac{\text{ش}}{\text{و} + \text{ك ت}} = \text{ش}$ وبمعويض ك بقيمتيها $\frac{1}{\text{و} + \text{ك ت}}$ يحصل

$$\frac{\text{ش} \times \text{و} + \text{ك ت}}{\text{و} + \text{ك ت}} = \frac{\text{ش}}{\frac{\text{و}}{\text{و} + \text{ك ت}} + 1} = \text{ش}$$

* (١٨٢) *

وفي هذا الحساب يجب أخذ مكر التمدد الحقيقي للزئبق لا مكر تمدده الظاهري لأن قيمة ش تكون واحدة إذا لم يمتد الزجاج وارتفاع البارومتر لا يتعلق بقطر الأنبوبة كما سبق في عدم تعلق ضغط السوائل بشكل الأواني وعليه فلا يتعلق بتمددها فإذا كانت درجة الحرارة ٢٥ مثلاً وكان ارتفاع البارومتر ٧٥٠ ممراً وأريد معرفة ارتفاع درجة الصفرية فعل هكذا

$$\text{ش} = \frac{٧٥٠ \text{ ممراً} \times ٥٥٥٠}{٢٥ + ٥٥٥٠} = \frac{٤١٦٢,٥}{٥٥٧٥} = ٧٤٦,٠ \text{ ممراً}$$

وفي القاسم المذكور ترك تمديد الأقسام البارومترية ولاجل تصحيحها يلزم ضرب العدد مر الأقسام المشاهدة على المسطرة المقسمة في مكر التمدد (١ + ك ت) وحينئذ يصير الارتفاع الحقيقي للبارومتر لرجع إلى درجة الصفر

$$\text{ش} = \frac{\text{ش} (١ + ك ت)}{١ + ك ت} \quad \text{أو} \quad \text{ش} = \frac{\text{ش} \times ٥٥٥٠ (١ + ك ت)}{٥٥٥٠ + ك ت}$$

وك هو مكر تمدد أقسام المسطرة

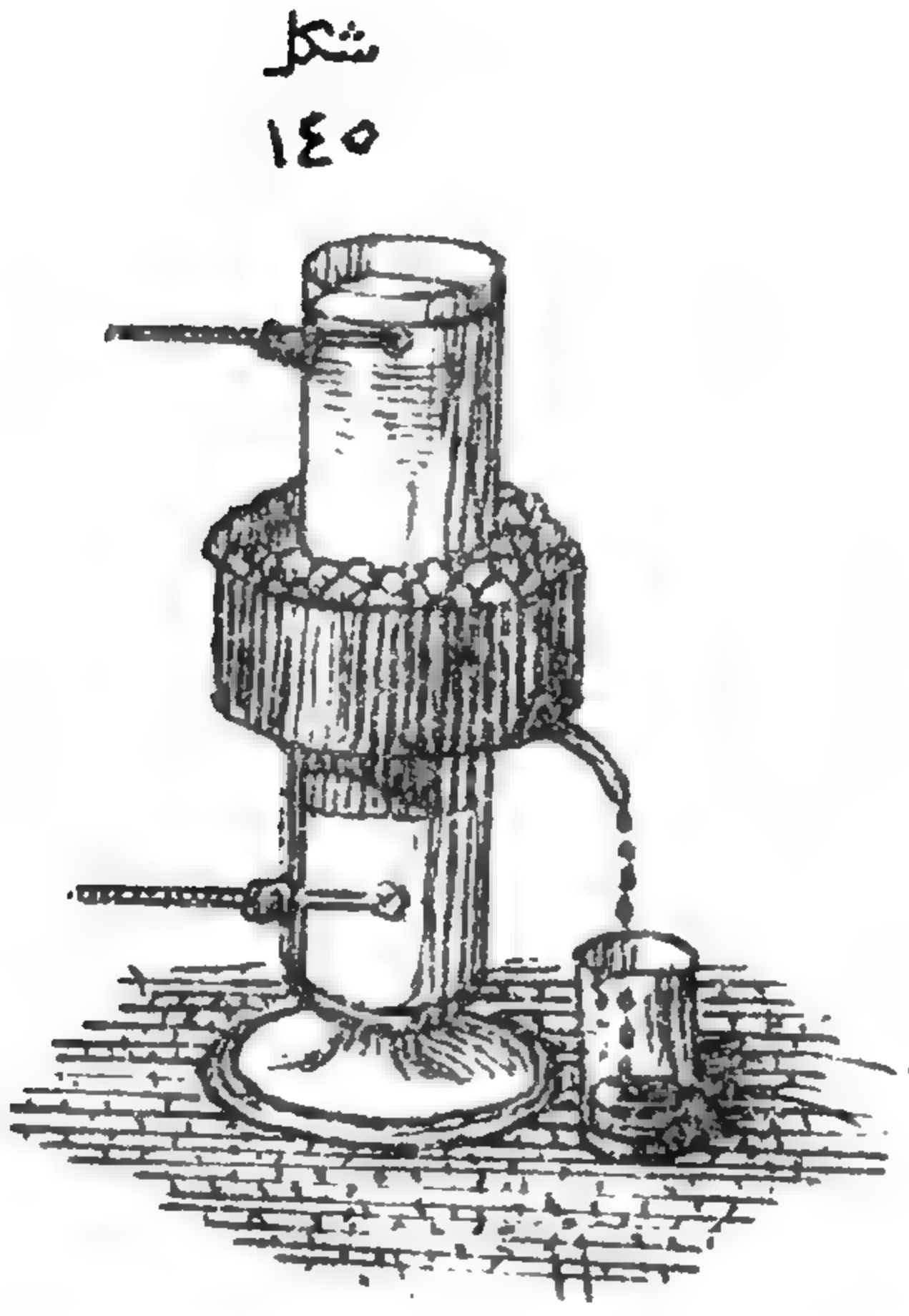
* (المبحث الثامن في نهاية كثافة الماء) *

متى انخفضت درجة حرارة الماء فلا تتقارب أجزاءه إلى بعضها ويصل إلى نهاية كثافته إذا وصل لدرجة ٤ + وفي أخفض من هذه الدرجة ينقطع تقارب الأجزاء وأخذ الماء في التمدد إلى درجة تجمده وهي درجة الصفر وهذه ظاهرة معتبرة

ولاجل تحقيقها بالتجربة استعمل الجهاز الآتي المنسوب إلى هوب وهو يتركب من مخبر ذي قاعدة مثقوب من جانبيه ثقبين أحدهما في جزئه العلوي والآخري في جزئه السفلي ومثبت فيهما متر ومتران كما في شكل ١٤٥

ومن

ومن غلاف معدني - لأن
بالجديد محيطاً بالجزء المتوسط من
هذا الخبار وحيداً إذا ما إلى
الخبار بماء درجة حرارته ١٠
أو ١٢ + يشاهد أن
الترمومتر العلوي يبقى ثابتاً
تقريباً والترمومتر السفلي
ينخفض بسرعة إلى درجة ٤ +
ثم يصير ثابتاً



ويأخذ الترمومتر العلوي
الآن في الانخفاض لكن
ليس لدرجة ٤ + فقط بل
ينخفض لدرجة الصفر ويبقى
السفلي ثابتاً دائماً في درجة
٤ + ويستنتج من ذلك

أنه متى برد الماء لدرجة ٤ + ازدادت كثافته لأنه انجذب إلى الجزء السفلي من الخبار
لكنه يتعدى تبريده زيادة لأنه يصعد حينئذ جهة الجزء العلوي وحيداً فيكون
وصول الماء لنهاية كثافته في درجة ٤ +

وأثبت هالستروم وديسبرتز بطرق أخرى أن وصول الماء لنهاية كثافته يكون
في درجة ٤ + وصنع ديسبرتز جدولاً لكثافة الماء من درجة ٩ - إلى درجة
١٠٠ + مع أخذ كثافة الماء درجة ٤ + وحدة

ولذلك من هذا الجدول الأعداد التي يبينها التي تكفي في حدود الحرارة للتجارب
في العمل

* (١٨٤) *

* كثافة الماء من درجة الصفر الى درجة ٣٠ + مع أخذ

كثافة الماء درجة ٤ + وحدة) *

درجة الحرارة	كثافة	درجة الحرارة	كثافة	درجة الحرارة	كثافة
٠	٠,٩٩٩٨٧٣	١١	٠,٩٩٩٦٤٠	٢٢	٠,٩٩٧٧٨٤
١	٠,٩٩٩٩٢٧	١٢	٠,٩٩٩٥٢٧	٢٣	٠,٩٩٧٥٦٦
٢	٠,٩٩٩٩٦٦	١٣	٠,٩٩٩٤١٤	٢٤	٠,٩٩٧٢٩٧
٣	٠,٩٩٩٩٩٩	١٤	٠,٩٩٩٢٨٥	٢٥	٠,٩٩٧٠٧٨
٤	١,٠٠٠٠٠٠	١٥	٠,٩٩٩١٢٥	٢٦	٠,٩٩٦٨٠٠
٥	٠,٩٩٩٩٩٩	١٦	٠,٩٩٨٩٧٨	٢٧	٠,٩٩٦٥٦٢
٦	٠,٩٩٩٩٦٩	١٧	٠,٩٩٨٧٩٤	٢٨	٠,٩٩٦٢٧٤
٧	٠,٩٩٩٩٢٩	١٨	٠,٩٩٨٦١٢	٢٩	٠,٩٩٥٩٨٦
٨	٠,٩٩٩٩٧٨	١٩	٠,٩٩٨٤٢٢	٣٠	٠,٩٩٥٦٨٨
٩	٠,٩٩٩٨١٢	٢٠	٠,٩٩٨٢١٣	٥٠	٠,٩٨٨٠٩٣
١٠	٠,٩٩٩٧٣١	٢١	٠,٩٩٨٠٠٤	١٠٠	٠,٩٥٨٦٣٤

ويظهر من هذا الجدول أن كثافة الماء تنقص كثيرا بدون انتظام من درجة الصفر الى درجة ١٠٠ + ويتبع ذلك تزايد مكررة بدون انتظام كثيرا أيضا ولذلك لا يحصل أدنى ضبط في الحساب المستعمل لتوسط مكررة الماء في ما بين الصفر ودرجة ١٠٠ + فاذا كان حرف ك هو هذا المكررة فلا يفيد ادخال مكررة التمدد ا + ك ت في الحساب لكن حيث ان كثافة الماء في درجة ت معلومة من الجدول المذكور فيمكن دائما استعمال القانون ب يساوي ح و مباشرة سواء كان لحساب الثقل في درجة ت لكثافة معلومة الحجم أو لحساب الحجم اذا كان الثقل والمعلوم مثال ذلك اذا اريد حساب الثقل ب حجم من الماء ح في درجة ت فيبحث في الجدول المذكور عن الكثافة د للماء في درجة ت فالثقل الذي يصير ح في درجة ٤ +

يصير

(١٨٥)*

يصير $د$ في درجة $ت$ ويتحصل حينئذ $ب = ح د$ مع مقدرة بالد يسيمتر المكعب
 $و ب$ بالكيلوجرام

* (المبحث التاسع في تعديل أى تعحيح الاوزان النوعية للجوامد والسوائل) *
 في الطرق المختلفة التي سبق اعطاؤها لتعيين الوزن النوعي للأجسام الصلبة والسائلة
 فرضت الأجسام الصلبة والسائلة في درجة الصفر والماء في درجة $د + و$ حيث
 ان هذه الشروط على العموم ليست مستوفية فتوجد جهة تعحيبات لاستيفائها
 ولنعتبر الحالة التي يستعمل فيها الميزان الايدروستاتيكي مع فعل تعحيح الوزن في الهواء
 وليكن $ب$ الثقل الحقيقي لجسم معلوم و $ك$ مكرمتدها الجسمي و $د$ وزنه النوعي في
 درجة الصفر أعني المجهول المبحوث عنه و $ت$ درجة الحرارة وحيث ان $\frac{ب}{د}$ حجم الجسم
 في درجة الصفر فحجمه في درجة $ت$ يكون $\frac{ب}{د(١ + ك ت)}$ واذا رمزنا بحرف $ل$
 لوزن ليتر من الهواء في درجة $ت$ وفي الضغط البارومتري زمن التجربة كان الفقد
 من الوزن في الهواء حينئذ $\frac{ب}{د(١ + ك ت)}$ ل ويكون الوزن الظاهري للجسم
 في الهواء $ب - \frac{ب}{د(١ + ك ت)}$ ل $= ب \left(١ - \frac{١}{د(١ + ك ت)} \right)$
 واذا كان حرف $ب$ الثقل الحقيقي للوزنات التي توازن الجسم و $د$ وزنها النوعي و $ك$
 مكرمتدها الجسمي يتحصل أيضا وزنها الظاهري هكذا

$ب \left(١ - \frac{١}{د(١ + ك ت)} \right)$ وحينئذ فالوزن الاول الواقع في الهواء يعطى المتساوية

$$ب \left(١ - \frac{١}{د(١ + ك ت)} \right) = ب \left(١ - \frac{١}{د(١ + ك ت)} \right) \quad (١)$$

ثم ننقل الآن للوزن الثاني وهو الوزن في الماء فنقول شوهـد أن حجم الجسم الذي

يبحث عن وزنه النوعي يكون في درجة $ت$ $\frac{ب}{د(١ + ك ت)}$ فاذا بحث

في جدول د يسبرتن عن كثافة \bar{s} للماء في درجة t بين ناتج $\frac{p}{s}$ (١ + ك ت) \bar{s} وزن الماء المتزوي بالجسم واذا مرتنا بحرف \bar{p} للوزنات التي تعادل الجسم الموزون في الماء أء-نى لا تقل الظاهري لهذا الجسم ناقص ثقل الماء المتزوي ففرق الوزنات $\bar{p} - \bar{p}$ المستعملة في الوزنين يكون وزن الماء المتزوي وينحصل حينئذ تصحيح الوزن في الهواء هكذا

$$\frac{p}{s} (1 + ك ت) \bar{s} = (\bar{p} - \bar{p}) \left(1 - \frac{(1 + ك ت) \bar{s}}{s} \right) \quad (٢)$$

وبقسمة طرفي قانون (١) على قانون (٢) لاستخراج \bar{p} المجهول وحذف الكسر العام

$$\text{أى المشترك} \left(1 - \frac{(1 + ك ت) \bar{s}}{s} \right) \text{ يتحصل} \left(\frac{s - (1 + ك ت) \bar{s}}{(1 + ك ت) \bar{s}} \right)$$

$$= \frac{\bar{p}}{\bar{p} - \bar{p}} \text{ ويستخرج من ذلك } s = (1 + ك ت) \left(\bar{p} + \frac{\bar{p}}{\bar{p} - \bar{p}} \right)$$

وأما حرف \bar{p} فلاجل تعيينه بالضبط يلزم حساب درجة الحرارة والضغط وبخار الماء الموجود في الهواء (انظر في الاصل المسألة الثانية من مسائل الايجرومتر) واذا استعملت طريقة الدورق أو طريقة الاريومتر بدل استعمال الميزان الايدروستاتيكي كانت طريقة التصحيح واحدة

* (الفصل الرابع في تمدد وكثافة الغازات وفيه مباحث) *

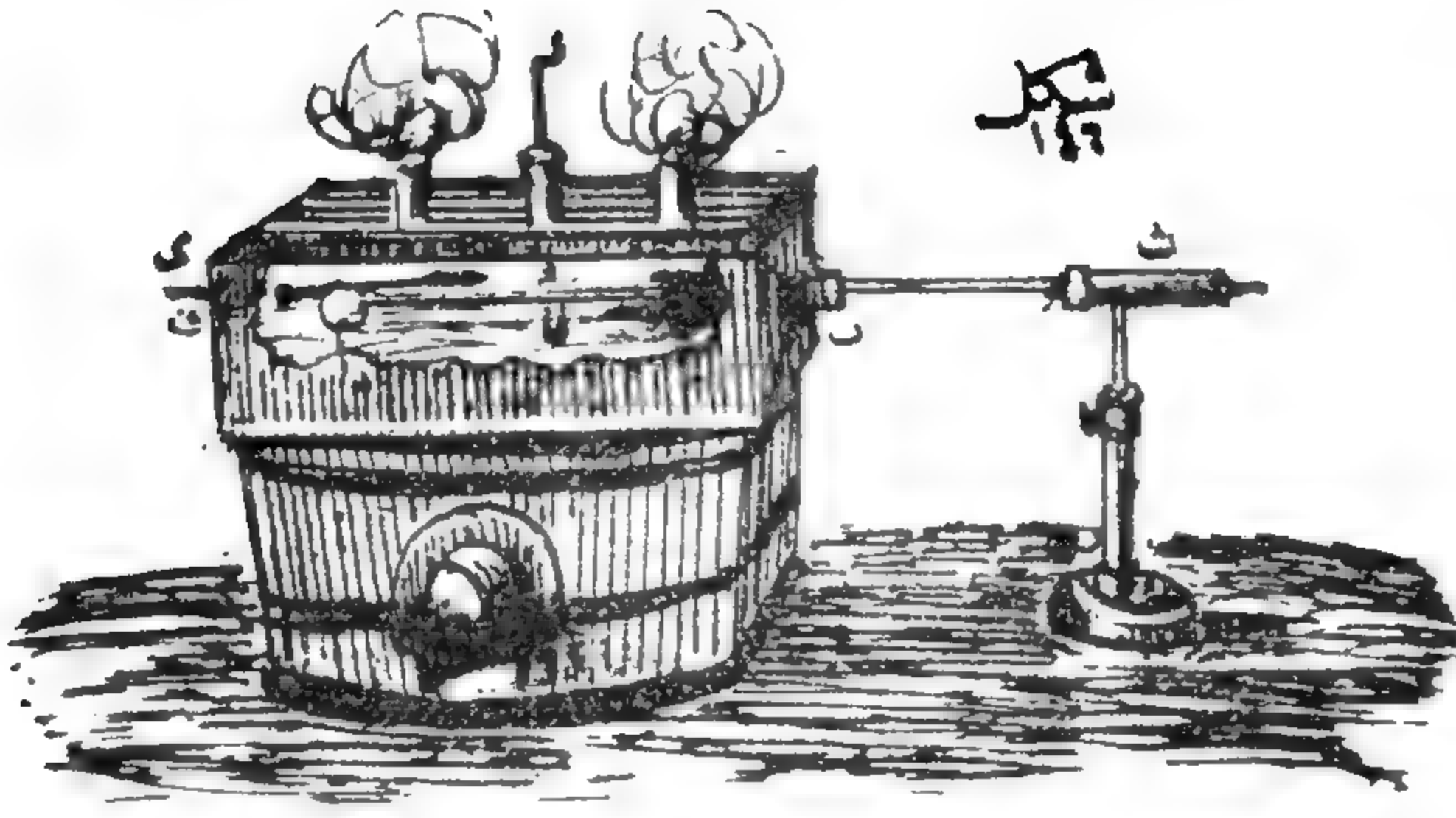
* (المبحث الاول في طريقة غيلوساك لتمدد الغازات وفي قانونه) *

الغازات هي الاجسام الكثيرة التمدد ويظهر تمددها بارتفاعها وزيادة على ذلك اذا اخذنا زيادة وحدة الاحجام من درجة الصفر الى درجة فوق الصفر لمكرر تمدد الغازات كما فعلنا في الاجسام الصلبة والسائلة نجد أن مكرر تمدد الغازات بالنسبة لبعضها لا يختلف الا بحد قليل جدا ولذا قيل زمانا ويلات جميع الغازات تمدد بحد واحد في التغير الواحد للحرارة

وغيلوساك

* (١٨٧) *

وغيلوساك هو أول من وضع هذا القانون وهو أن جميع الغازات بسيطة كانت
أو مركبة يكون مكررتة لها واحدًا وشكل ١٤٦



يوضع الجهاز الذي
استعمله غيلوساك
في تجاربه وهو
أنبوبة تره ومترية
أ ب ساقيها منقسمة
أجزاء متساوية السعة
بالكيفية المتقدمة
في بحث تقسيم
الانبوبة إلى أجزاء

متساوية السعة ووزن الزئبق المنحصر في كرة أ ثم الزئبق المنحصر في الساق يتعين
عدد أقسام الساق المنحصرة في الكرة ولاجل ملء الساق والكرة بالهواء الجفاف
ملاهما غيلوساك أولاً بالزئبق ثم غلاها لطرط الرطوبة وبعد ذلك ثبت طرف الساق
بواسطة سدادة في أنبوبة غليظة ث ملائكة بكورور الكالسيوم الذي هو جسم كبير
الشراهية للناس وأمسك بمجموع أنبوبي أ ب و ث في وضع رأسي وأنبوبة ث إلى
أسفل ثم أدخل في هذه الأنبوبة والساق سلكاً رفيعاً من البلاتين وبتحريك هذا
السلك حركة لطيفة يجذب معه كرات من الزئبق تعوضها كرات من الهواء تدخل
من أنبوبة ث بعد جفافها بمرورها على كلورور الكالسيوم ومتى امتلأت الكرة
والساق بالهواء الجفاف يخرج السلك البلاتين مع الانتباه لحفظ عمود صغير من الزئبق
معدلاً يستعمل علامة

فيتمثل توضع الأنبوبة كما يوضحه الشكل المذكور في صندوق من التلك بأن يدخل
الساق من سدادة موفقة على فتحته الجانبية مع حفظ أنبوبة كلورور الكالسيوم لمنع
مدخول الرطوبة وحيث أن الصندوق يكون ملاءمة ثابتة داء بالجليد فإن الهواء المنحصر
في الجهاز ينقبض وتقدم علامة الزئبق من ب إلى أ وبمعرفة القسم من الأنبوبة الذي

وقفت فيه العلامة حينما تصير ثابتة يتحصل حجم الهواء المنحصر في الجهاز في درجة الصفر وأما ضغطه فهو الضغط الذي يبينه البارومتر زمن التجربة وأخيرا ينزع الجليد ويعوض بالماء ويوضع الصندوق على فرن ويسخن بالتدريج وتعرف درجة حرارة الماء بواسطة ترمومترى θ في المغمورين فيه فيسخونة الهواء المنحصر في الجهاز حينئذ تتقدم العلامة من θ نحو θ_1 ولاجل أن تكون حرارة جميع المواد مساوية لحرارة الماء يعنى بغير الانبوبة زمننا بعد زمن في الصندوق كلما مات العلامة للخروج منه ومتى أوقفت الحرارة بفتح أبواب الفرن بقيت العلامة ثابتة بعض لحظات وحينئذ يعين القسم من الساق المقابل للعلامة ويتحصل حينئذ الحجم الذي كان أخذه الهواء في درجة الحرارة التي علمت بالترمو مترين وفي الضغط المبين بالبارومتر في نفس الزمن

فإذا فرض أن ارتفاع البارومتر بقى واحدا مدة التجربة وطرح تمدد الزجاج تحصل مكرر تمدد الهواء بالحساب الآتى أعنى ليكن θ حجم الهواء المنحصر في الجهاز في درجة الصفر و θ_1 ما يتول إليه هذا الحجم في درجة θ_1 من الحمام وهو الماء الموضوع في الصندوق فيكون $\theta - \theta_1$ مبينا في الحقيقة لازيادة السكبية لحجم الهواء θ المسخن من الصفر لدرجة θ_1 وتكون زيادة الحجم للدرجة الواحدة ولو حدة الاحجام حينئذ $\theta - \theta_1$ مقسومة على حاصل ضربت في θ أعنى $\frac{\theta - \theta_1}{\theta \times \theta_1}$ فإذا رمزنا بحرف K لمكرر تمدد

$$\frac{\theta - \theta_1}{\theta \times \theta_1} = K \quad (١)$$

فإذا تغير الضغط الجوي وحسب تمدد الزجاج تفعل التعديلات المذكورة في قانون مربوط وفي تمدد الاجسام الصلبة ولاجل ذلك ليكن θ الضغط في درجة الصفر θ_1 الضغط في درجة θ_1 فلاجل ترجيع الحجم θ الى الضغط θ_1 يلزم بمقتضى

$$\frac{\theta}{\theta_1} = \frac{\theta - \frac{\theta}{\theta_1}}{\theta} = K \quad (٢)$$

وحيث

* (١٨٩) *

وحيث أن ع ليس هو الحجم الحقيقي للغاز في درجة ت فيكون هو الحجم الظاهري ويكون الحجم الحقيقي ع (١ + ك ت) وكه مكررا لتمدد الحجمي للزجاج وبمثل هذه

$$\frac{ع (١ + ك ت) - \frac{ش}{شه}}{ع ت} = \text{القيمة الى معادلة (٢) يتحصل ك}$$

وبهذه الطريقة المذكورة وجد غيلوساك لمكرر تمدد الهواء هذا العدد ٣٧٥ . . . وزيادة على ذلك فقد أوصلته تجاربه الى أن يقول ان هذا العدد بين مكررت تمدد جميع الغازات لكن هذا القانون المعتبر بالنظر لكونه بسيط ليس حقيقيا كما ظن غيلوساك وانما هو تقريبي بحيث يمكن أن يقال به في كثير من الاحوال خصوصا في تغيرات الحرارة القليلة الاعتبار

وقد أثبت كل من روديرج وريذول ومانوس أن عدد غيلوساك كبير وأن المقدار الحقيقي لمكرر تمدد الهواء هو ٣٦٧ . . . وكان في تجربة غيلوساك سريان مغلفان الاول أن الغاز لم يكن جافا جفافا تاما الثاني أن علامة الزئبق التي تنتقل في الانبوبة ما كانت تغلقها علقا محكما فكان الهواء الظاهري يدخل في الجهاز

والطريقتان المستعملتان لتعيين مكرر تمدد الغازات وخاليتان عن العيبين المذكورين هما طريقتا ريذول فن أراد الاطلاع عليهما فليراجعهما في الاصل

* (مسائل تمدد الغازات) *

المسألة الاولى اذا كان حجم الغاز في الصفر ف ف ما يصير حجمه في درجة ت والحال أن مكررتدده ك وضغطه ثابت

الجواب اذا فرضنا أن ف هو الحجم المبحوث عنه وأعدنا هنا البراهين المتقدمة في التمدد

الخلى نجد بدون تعب أن ف = ف + ك ف ت أو ف = ف (١ + ك ت) (١)

المسألة الثانية اذا كان ف هو حجم الغاز في درجة ت ف ما يصير حجمه ف في درجة الصفر

مع بقاء الضغط ثابتا ومكررتدده ك

الجواب هذه المسألة تحل بواسطة المعادلة (١) المتقدمة التي يستخرج منها بقسمة

$$\frac{ف}{١ + ك ت} = \text{الطرفين على } ١ + ك ت \text{ (٢)}$$

* (١٩٠) *

المسألة الثالثة المعلوم الحجم V لغاز في درجة T فما يكون حجمه V' في درجة T' مع بقاء الضغط واحدا

الجواب يلزم أولا ترجيع الحجم لدرجة الصفر بمعادلة (٢) وهذا يعطى $\frac{V}{1 + \alpha T}$ ثم ينقل هذا الحجم الأخير من الصفر الى درجة T' بواسطة المعادلة (١) فيتحصل أخيرا

$$V' = \frac{V (1 + \alpha T')}{1 + \alpha T} \quad (٣)$$

المسألة الرابعة اذا كان V حجم الغاز في درجة T وفي الضغط P فما يصير الحجم V' لنفس كتلة الغاز في درجة الصفر وفي ضغط P' . مترا

الجواب يفعل هنا تعيينان أحدهما ينسب لدرجة الحرارة والثاني للضغط ولا فرق في أن يتبدأ بأحدهما أو بالثاني فاذا فعل أولا تصحيح الحرارة فانه يصير الحجم في الصفر

بمقتضى معادلة (٢) $\frac{V}{1 + \alpha T}$ وأيضا في الضغط P' ينقل هذا الضغط الى ضغط

$$P' . مترا بأن يوضع بمقتضى قانون ماريوت $P \times V = P' \times V'$ = $\frac{V}{1 + \alpha T} \times P$$$

$$V' = \frac{V P'}{P (1 + \alpha T)} \quad (٤)$$

ولنمثل للتطبيق العددي بحل المسئلة الآتية وهي المعلوم $P = ٨$ ليترات من الهواء في درجة $٢٥ +$ وضغط ٧٤ . مترا فما يصير حجمها في الصفر وفي ضغط ٧٦ . مترا

$$\text{وبفعل تصحيح الضغط أولا يتحصل } \frac{٧٤}{٧٦} = \frac{P'}{P}$$

$$\text{وينتج من ذلك } P' = \frac{٨ \times ٧٤}{٧٦} = ٧,٧٨٩ \text{ ليترات}$$

والحجم المتحصل حينئذ يكون في ضغط ٧٦ . مترا لكنه في درجة $٢٥ +$ فيبقى ترجيعه الى الصفر ويستعمل لذلك معادلة (٢) المتقدمة التي تعطى الحجم المبحوث عنه

$$V = \frac{٧,٧٨٩}{٢٥ \times ٠,٠٠٣٦٧ + ١} = \frac{٧,٧٨٩}{١,٠٠٩١٧} = ٧,١٣٥ \text{ ليترات}$$

ويمكن

* (١٩١) *

ويمكن أيضا استعمال معادلة (٤) مباشرة بتعويض $ش$ و $ك$ و $ت$ بقيمتها
المسألة الخامسة إذا كانت كثافة الغاز أي وزنه النوعي $د$ في درجة الصفر فأتكون
كثافته في درجة $ت$

الجواب نفرض أن $د$ كثافة الغاز في درجة $ت$ فإذا رمزنا بواحد الحجم من هذا الغاز
في درجة الصفر صار الحجم في درجة $ت$ $١ + ك ت$ وحيث أن كثافة الكتل
المتساوية تكون على حسب عكس الأبحام كما تقدم في بحث الثقل فيتمصل

$$\frac{د}{١ + ك ت} = \frac{د}{د} \text{ وينتج } \frac{د}{١ + ك ت} = د \quad (١) \quad د = د (١ + ك ت) \quad (٢)$$

ومعادلة (١) ترى أن الكثافة في درجة $ت$ تكون على حسب عكس مكر والتعدد
 $١ + ك ت$ وأما معادلة (٢) فتستعمل لإيجاد الكثافة في الصفر منى علمت الكثافة
في درجة $ت$

المسألة السادسة حجم من غاز في درجة $ت$ يزن $ب$ فما يكون وزن حجم مثله من هذا
الغاز في درجة الصفر
الجواب ليكن $ب$ الوزن المبحوث عنه $ك$ مكر وتعدد الغاز $د$ كثافته $ت$ درجة
حرارته $د$ كثافته في درجة الصفر

وحيث أن الأوزان متناسبة مع الكثافة فتتوصل المساواة $\frac{ب}{ب} = \frac{د}{د}$ وتقدم في المسألة

$$\text{الخامسة أن } \frac{د}{١ + ك ت} = \frac{ب}{ب} \text{ فينتج } \frac{د}{١ + ك ت} = \frac{ب}{ب}$$

$$\text{وينتج } ب = ب (١ + ك ت)$$

ويستخرج أيضا من هذه المساواة الأخيرة أن $ب = \frac{ب}{١ + ك ت}$ وهذه المعادلة بها

يوجد الوزن في درجة $ت$ متى علم الوزن في الصفر وتبين أن الوزن $ب$ هو على
حسب عكس مكر والتعدد $١ + ك ت$

* (المبحث الثاني في الوزن النوعي للغازات بالنسبة للهواء) *

الوزن النوعي أو الكثافة للغاز بالنسبة للهواء هي نسبة ثقل حجم من هذا الغاز لثقل حجم مساو له من الهواء وكلاهما كائناً في درجة الصفر وفي ضغط ٧٦٠ م.م. وحيث أنه فلابد من إيجاد الوزن النوعي للغاز يلزم البحث عن وزن حجم من هذا الغاز في درجة الصفر وفي ضغط ٧٦٠ م.م. ثم البحث عن وزن حجم مساو له من الهواء في نفس الحرارة والضغط المذكورين وقسمة الوزن الأول على الثاني ويستعمل لذلك كرة من زجاج تسع من ثمانية لترات إلى عشرة أعني تسع ٢٦٦٦،٤ جراماً إلى ٣٣٣٣ جراماً يحمل عنقها حنفية يمكن تحكيمها على الآلة المفرغة مثل الكرة المتقدمة في شكل ٥١ المذكورة في مبحث ثقل الغازات فتوزن هذه الكرة على التوالى فارغة ثم مملأة بالهواء ثم بالغاز الذي يبحث عن وزنه النوعي ويخفف الهواء والغاز بالطريقة المتقدمة في مبحث تمدد الغازات ويطرح وزن الكرة من الثقل المتحصل في كل من الوزنين الأخيرين يتحصل وزن أحجام متساوية من الهواء والغاز في حالة ما تكون الحرارة مدهة - الذين الوزنين المختلفين في درجة الصفر والضغط ٧٦٠ م.م. لا يكون الا قسمة وزن الغاز على وزن الهواء والناتج المتحصل هو حيث أنه الوزن النوعي المبحوث عنه

لكن الطريقة التي بيناها محتاجة على العموم لتصحيجات عديدة لتر جميع وزن الغازين إلى الصفر وإلى ضغط ٧٦٠ م.م. وكذلك ترجيع حجم الكرة إلى الصفر ولأجل فعل هذه التصحيجات يلزم أولاً الاعتناء بالعمل على غازات جافة ويتحصل ذلك بمرارها على مواد مجففة قبل ادخالها في الكرة والهواء يلزمه زيادة على ذلك أن يمر على البوتاسا الكاوية ليفقد حمض الكربونيك المحتوي عليه وأيضاً حيث أن أجود الآلات المفرغة لا تحدث فراغاً تاماً فلابد من عدم حساب ما يتبقى من الغازين داخل الكرة من ضمن الوزن بفعل الفراغ في كل مرة إلى أن يبين المختار شدة واحدة ومثلاً

وإذا تقرر ذلك بفعل الفراغ في الكرة ثم يدخل فيها الهواء الجاف ثم يفرغ ثم يدخل فيها وهكذا مراراً إلى أن تصبح الكرة جافة بالكامل حيث أنه بفعل الفراغ آخر مرة إلى أن يبين المختار الشدة و وتوزن فيحصل الثقل ب للكرة فارغة حيث أنه يترك الهواء يدخل فيها ببطء من وسط أنابيب بعضها محتو على كلور ور الكالسيوم والآخر على

* (١٩٣) *

البوتاسا وتوزن ثانيا فيوجد ثقل الكرة وهي ملائمة P ويجعل S الارتفاع
البارومتري و T درجة الحرارة زمن الوزن يكون حينئذ $P - P$ ثقل الهواء
المحصرف في الكرة في درجة T وفي ضغط $S - S$

فلاجل ترجيع هذا الثقل لضغط 760 وفي درجة الصفر ليكن L مكررتدد الهواء
و K مكررتدد النجوى للزجاج فبمقتضى قانون مريوط يصير الثقل الذي هو $P - P$
في الضغط $S - S$ وفي ضغط 760 ($P - P$) $\frac{760}{S - S}$ والحرارة دائما

T فاذا صارت هذه الحرارة في الصفر نقصت سعة الكرة بنسبة $1 + K T$ الى 1
وازداد ثقل الغاز بنسبة $1 + L T$ وحينئذ فيكون ثقل الهواء المحصرف في الكرة

الكائن في درجة الصفر وفي ضغط 760 ($P - P$) $\frac{760}{S - S} \times \frac{1 + L T}{1 + K T}$ (١)

وليكن ايضا L مكررتدد الغاز المبحوث عن وزنه النوعي و P ثقل الكرة ملائمة
بهذا الغاز في درجة T وفي الضغط البارومتري S ثم أخيرا P ثقل الكرة فارغة
بعد أن يستخرج منها الغاز لاجابة الشدة و P ثقل الغاز المحصرف في الكرة وفي ضغط 760

وفي درجة الصفر يصير مينا بهذه المعادلة ($P - P$) $\frac{760}{S - S} \cdot \frac{1 + L T}{1 + K T}$ (٢)

وبقسمة قانون (٢) على قانون (١) تحصل الكثافة المبحوث عنها هكذا $=$

$\frac{(P - P)(S - S)(1 + L T)(1 + K T)}{(P - P)(S - S)(1 + L T)(1 + K T)}$ وهذا القانون لا يتعلق بحجم الكرة

واذا لم تتغير الحرارة والضغط يحصل $S = S$ و $T = T$

* (١٩٤) *

$$\frac{(ب - ب') (١ + ل ت)}{(ب - ب') (١ + ل ت)} = \text{وينتج من ذلك } \frac{ب - ب'}{ب - ب'}$$

$$\frac{ب - ب'}{ب - ب'} = \text{ل يتحصل } \frac{ب - ب'}{ب - ب'}$$

وطريقة رينبول في إيجاد كثافة الغازات أقل تعقيداً من طريقة غيلوساك التي ذكرناها
فن أراد الاطلاع عليها فليراجعها في الاصل

* (المبحث الثالث في كثافة الغازات التي تؤثر على النحاس) *

لا يمكن أن نستعمل الكرة ذات المحفظة للغازات التي تؤثر على النحاس مثل الكلور
وحينئذ فتستعمل زجاجة ذات سدادة من جنسها محكمة السد تعرف سعتها أولاً بوزنها
ملائمة بالماء ثم يوصل لها الغاز بواسطة أنبوبة منخنية تنغمر الى نصف الزجاجة وهذه
الزجاجة تكون قائمة أو منكسة على حسب كون الغاز أثقل من الهواء أو أخف منه ومتى
تحقق خروج الهواء منها تخرج الأنبوبة وتسد الزجاجة وتوزن حينئذ ملائمة بالكلور
مثلاً وليكن ب الثقل المتحصل و ب' ثقل الزجاجة ملائمة بالهواء فالفرق بين
ب - ب' هو في الحقيقة زيادة ثقل حجم من الكلور على ثقل حجم مساو له من الهواء
وحيث أن سعة الزجاجة معلومة فيستنتج منها ثقل الهواء المحتوية عليه وبإضافة هذا
الثقل الى الفرق بين ب - ب' يتحصل ثقل الكلور ولم يبق حينئذ الاقسمة هذا
الثقل على ثقل الهواء مع الانتباه دائماً للفعل تصحيحات درجة الحرارة والضغط اللازمة
لترجيع الثقلين لحجم واحد في درجة الصفر وفي ضغط ٧٦٠
كثافة الغازات في درجة الصفر وفي ضغط ٧٦٠، متراً والحال أن كثافة الهواء
مأخوذة وحدة

٠,٩٥٦٩	أكسيد الكربون	١,٠٠٠٠	هواء
٠,٩٧١٤	أزوت	٠,٠٦٩٣	ايدروجين
١,٠٣٨٨	ثاني أكسيد الأزوت	٠,٥٥٩	أول كربورالايدروجين
١,١٠٥٦	أكسجين	٠,٥٩٦٧	غاز النوشادر

جض

* (١٩٥) *

١,٨٠٦٤	سيانوجين	١,١٩١٢	حمض الكبريت ايدريك
٢,٢٤٧٤	حمض الكبريتوز	١,٢٤٧٢	حمض الكاوريايدريك
٣,٤٢١٦	كلور	١,٥٢٦٩	أول أكسيد الازوت
٤, ٤٤٣	حمض اليودايدريك	١,٥٢٩٠	حمض الكربونيك

* (المبحث الرابع في الوزن النوعي للغازات بالنسبة للماء) *

تقدم في مبحث كثافة الهواء بالنسبة للماء أن الوزن النوعي للهواء بالنسبة للماء هو خارج
قسمة ثقل ليتر من الهواء في درجة الصفر على ثقل ليتر من الماء درجة ٤ ، + أعني

$$\frac{1,293 \text{ جراما}}{1000} = 0,001293$$

وأما الاوزان النوعية للغازات الاخر بالنسبة للماء فتتبعين بضرب كثافتها المذكورة
في هذا الجدول المتقدم في عدد ٠,٠٠١٢٩٣ .

وفي الواقع اذا مرنا بحرف ث لثقل ليتر من الهواء في درجة الصفر وفي ضغط ٠,٧٦٠ مترا
وبحرف ث لثقل ليتر من أي غاز كالايديروجين مثلا في الحرارة والضغط المذكورين
كان الثقل النوعي للهواء بالنسبة للماء $\frac{\text{ث}}{1000}$ والثقل النوعي للايديروجين بالنسبة

للهواء $\frac{\text{ث}}{1000}$ أعني العدد ٠,٠٦٩٣ . المنحصر في الجدول المذكور وحيث

فناج كسرى $\frac{\text{ث}}{1000}$ هو $\frac{\text{ث}}{1000}$ الذي هو الوزن النوعي للايديروجين
بالنسبة للماء

وفائدة استعمال الوزن النوعي للغازات بالنسبة للماء في الحسابات أن يعطى في الحال
ثقل الليتر بالكيلوجرام من الغاز الموزون مثال ذلك اذا ضرب في الحسبة المتقدمة
العدد ٠,٠٦٩٣ الدال على الثقل النوعي للايديروجين بالنسبة للهواء في العدد
٠,٠٠١٢٩٣ الذي هو الثقل النوعي للهواء بالنسبة للماء كان الناتج ٠,٠٠٠٠٨٩٦

* (١٩٦) *

كيلوجراما أو ٠.٨٩٦ جراما وهو ثقل الليتر من الايدروجن في درجة الصفر
وفي ضغط ٧٦٠ ميليمتر

* (الفصل الخامس في تغيير الحرارة لمحالاة الاجسام وفي الانجزة وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في الذوبان بالحرارة أو السيجان وقوانينه) *

لم نذكر الى هنا من الظواهر المختلفة التي تظهرها الاجسام بتأثير الحرارة عليها الا تمددها
وبالتأمل للاجسام الصلبة يسهل معرفة أن هذا التمدد له حد وفي الواقع قد أظهرت
التجربة أن الجسم اذا سخن بالتدريج يأتي زمن تغلب فيه قوة الحرارة الشديدة الجذب
الجزيئي الضام للجزيئات وتحدث حينئذ ظاهرة جديدة هي الذوبان أعني انتقال
الجسم من حالة الصلابة الى حالة السيولة ومع ذلك فتوجد اجسام كثيرة كالورق
والخشب والصوف وبعض املاح لا تسج بتأثير الحرارة المرتفعة لكنها تتحلل ومن
جميع الاجسام البسيطة جسم واحد لم يسج الى الآن بتأثير ينابيع الحرارة الشديدة
جدا وهو الكربون ومع ذلك فبتعريض هذا الجسم لتأثير تيار كهربائي قوى وصل
ديسيرتر الى تليينه حتى صيره قابلا لتي و هذا يدل على حالة قريبة من السيجان
وظهر من التجربة أن ذوبان الاجسام منقاد للقانونين الاتيين

القانون الاول ان كل جسم يذوب على درجة حرارة محدودة لا تتغير لكل جسم ان كان
الضغط ثابتا

القانون الثاني انه مهما كانت شدة الينبوع الحراري فان الجسم متى أخذ في الذوبان
لا ترتفع درجة حرارته وتبقى مساوية لدرجة ذوبانه من زمن ابتداء الذوبان الى
أن يتم

* (١٩٧) *

* (جدول يتضمن درجات ذوبان أجسام مختلفة) *

درجة الحرارة	درجة الحرارة	زئبق
+ ٢٢٨	قصدير - ٢٩	
+ ٢٦٤	بزموت	
+ ٣٢٦	رصاص	
+ ٢٩٠	ناليوم	جليد
	كلورور الكالسيوم الايدراتي + ٢٩	
+ ٣٦٠	خارصين	
+ ٤٣٢	أنتيمون + ٣٣	شمع
+ ٩٠٠	توج + ٤٤	قصغور
+ ١٠٠٠	فضة + ٥٧	حمض المارجاريك
+ ١١٠٠	زهر أبيض + ٥٨	بوتاسيوم
+ ١٢٠٠	زهر سنجابي + ٦٠	استيارين
+ ١٢٠٠	باللاديوم + ٦١	شمع أصفر
+ ١٢٥٠	ذهب + ٦٩	شمع أبيض
+ ١٣٥٠	صلب + ٧٠	حمض الاستياريك
+ ١٥٠٠	حديد مطاوع + ٩٠	صوديوم

مخلوط دارسيه (جزء رصاص وجزء

قصدير وأربعة أجزاء بزموت) + ٩٤ بلاتين من ١٩١٥ الى ٢٠٠٠ +

+ ٢٥٠٠ ايريديوم

وأثبت هو بكن في الانسكيز أن درجة الذوبان ترتفع بمجرد تزايد الضغط والاجسام التي فعل عليها التجربة هي الكبريت والشمع والاستيارين وشاهدتومسون عكس ذلك في الجليد أعني أن درجة ذوبانه تنخفض متى زاد الضغط ويشاهد من ذلك أن درجة ذوبان الجسم الواحد ليست ثابتة بل تتغير مع الضغط

* (المبحث الثاني في الحرارة الكامنة) *

شاهدنا في مبحث الذوبان أنه متى أخذ الجسم في الاستئماله من حالة الصلبة الى حالة

السيولة بقيت درجة حرارته ثابتة ومساوية لدرجة ذوبانه مدة هذه الظاهرة مهما كانت شدة نبوغ الحرارة ويستنتج من ذلك أن الحرارة الواصلة للجسم مدة الذوبان مستعمل جميعها ليعطاء الجزئيات الوضع والحركة الاهتزازية اللازمة للذوبان وهذه الحرارة المتجهة الى العمل الباطني تكون حينئذ مفقودة بقدر الحرارة المحسوسة ولاجل ذلك سميت بدرجة الحرارة الكامنة

ومن التجربة الاتية تصور حقيقة الحرارة الكامنة وهي اذا خلط أول واحد كيلوجرام من الماء في درجة الصفر مع واحد كيلوجرام من الماء في درجة $+ ٧٩$ تحصل في الحال كيلوجرامان من الماء في درجة $+ ٣٩ \frac{1}{2}$ أعني في درجة حرارة متوسطة بين درجتى السائلين المختلطين وسبب ذلك اتحاد طبيعة السائلين ومقاديرهما لكن اذا خلط واحد كيلوجرام من الجليد المجروش مع قدر وزنه من الماء درجة $+ ٧٩$ ذاب الجليد في الحال وتحصل كيلوجرامان من الماء في درجة الصفر ويشاهد من ذلك أن الكيلوجرام من الجليد تشرب مقدار الحرارة اللازم لرفع كيلوجرام واحد من الماء من درجة الصفر الى $+ ٧٩$ درجة بدون أن تتغير حرارته وانما ذاب فقط وكية الحرارة هذه تبين حينئذ حرارة ذوبان الجليد أو الحرارة الكامنة للماء وكل سائل له حرارة كامنة مخصوصة وسنشهد كيفية تعيينها بالتجربة في مبحث قياس حرارة الذوبان الكامنة

* (المبحث الثالث في الذوبان في سائل) *

يدوب الجسم متى ماعبأثير الميل الحاصل بين جزئياته وجزئيات السائل كالصمغ العربي والسكر وأغلب الاملاح فانها تذوب في الماء ويحصل في مدة الذوبان كما في مدة السيجان اختفاء كمية من الحرارة الكامنة كثيرة الاعتبار أو قليلتها ولهذا السبب يظهر في ذوبان الاملاح على العموم انخفاض في درجة الحرارة ومع ذلك فلا تنخفض درجة الحرارة في ذوبان بعض الاملاح بل ترتفع ويشاهد هنا حدوث فعلين مختلفين في آن واحد الأول الانتقال من حالة الصلابة الى حالة السيولة وهذا الفعل يصحبه انخفاض في درجة الحرارة والثاني اتحاد الجسم المذاب مع السائل وكل اتحاد كيميائي يحصل مع انتشار حرارة وعلى حسب تسلط أحد الفعلين أو تساويهما تحدث إما برودة أو حرارة أو تبقى درجة الحرارة ثابتة

* (١٩٩) *

* (المبحث الرابع في التجمد وقوانينه) *

التجمد هو الانتقال من حالة السيولة الى حالة الصلابة وهذه الظاهرة منتشرة في انونين
الاشياء المماثلين لقانوني السيجان ويثبتان بالتجربة
القانون الاول ان كل جسم يتجمد في درجة حرارة ثابتة هي بالضبط درجة حرارة سيجانه
القانون الثاني انه من زمن ابتداء التجمد الى ان يتم تبقى حرارة السائل ثابتة وهذا
ينشأ عن كون الحرارة الكامنة مدة السيجان تظهر ثانيا من التجمد
وجملة من السوائل كالسكر والسكرول والسكرول لا يتجمد أصلاً بأعظم برودة عرضت لها ومع ذلك
فقد وصل ديسبير ترالى اعطاء السكرول قواما حتى ان الاناء المحاوي له يمكن تنكيسه
بدون أن يسيل منه السكرول ببرودة متولدة من مخلوط أول أكسيد الزرنيك والسائل
وحض الكرونيك الصلب والسكرول

* (المبحث الخامس في تكون الجليد) *

الماء المقطر يتجمد في درجة الصفر ويسمى حينئذ بالجليد لكن سنشاهد في مبحث
الاسباب التي تؤثر بتجمد السوائل ان هناك جملة اسباب يمكنها أن تؤثر بتجمد الماء
والجليد يظهر هذه الظاهرة المعتبرة وهي كونه أقل كثافة من الماء وفي الواقع قد تقدم
ان الماء لا تنضم اجزائه الى بعضها بواسطة البرودة الا لدرجة $4^{\circ} +$ وبانتقاله من هذه
الدرجة الى الصفر يتدأى بزيادة حجمه وتكثر هذه الزيادة ويزداد أيضا من تبلده
ويوجد أن حجم الجليد في الصفر صار قدر حجم الماء في درجة $4^{\circ} + 0.75$ مرة
أعني مرة وكسورا وبسبب هذا التمدد لا تكون كثافة الجليد الا 0.93 من
كثافة الماء ولهذا يسبح الجليد على سطح الماء
وزيادة الحجم التي يأخذها الجليد عند تكونه تكون مصاحبة لقوة تمدد عظيمة بها
تنفجر الاواني الحاوية له وتشقق الاجار التي يتخزم انتظامها بعد التجمد لا ينسب
حدوثه الا للماء الذي تغذي مسام الاجار وتجمد فيها
وقد أثبت ويليام في انكلترا قوة تمدد الجليد وذلك أنه أخذ بومبة وملاها بالماء وسدّها
سدّا محكما بسدادة من الخشب ووضعها في جود درجة حرارته منخفضة عن الصفر جملة
درجات فشهد أن السدادة انفتحت بقوة الى بعد عظيم وطفح الجليد على حواف
فتحة البومبة

* (٢٠٠) *

* (المبحث السادس في الاسباب التي تؤثر بتجمد السوائل) *

على حسب طبيعة السوائل توجد جملة أسباب يمكنها أن تخفض درجة تجمدها أي تؤثر بتجمدها والاسباب المذكورة هي الاجسام المذابة في السوائل وعدم وجود الهواء الذائب والسكون التام والتحريك الشديد وزيادة الضغط وظاهرة تأخر درجة التجمد هذه شوهدت في الماء أولا لكنها وجدت أيضا في السوائل الأخرى

وتأثير الاملاح المحلولة يظهر في ماء البحر الذي لا يتجمد الا في درجة $2,5^{\circ}$ - وأيضا اذا غلى محلول مشبع من كبريتات الصوديوم في أنبوبة من زجاج مسحوقة الطرف لطرده الهواء منه ثم أغلقت على المصباح لمنع دخول الهواء وبرد المحلول فلا يتبلور الملح وان كان المحلول متشبعًا لكن اذا كسر طرف الأنبوبة ودخل الهواء تبلور الملح حالا وفي هذه التجربة الأخيرة يوجد في زمن واحد تأثير الجسم المذاب وعدم وجود الهواء

ويكفي تأخر درجة تجمد الماء جملة درجات أن يكون نقيًا تام السكون وفي الواقع قد وضع غيلوساك مخبرًا ملاء ناء الماء المقطر في مخلوط مبرد ووضع الجميع تحت مستودع الآلة المفرغة ليتصاعد الهواء فشهد نزول الماء الى درجة 12° - بل أخفض من ذلك بدون أن يتجمد لكن اذا وصلت لكتلته حينئذ حركة اهتزازية خفيفة تجمد جزء من السائل في الحال وتشاهد هذه الظاهرة المعتبرة وهي أن ما بقي من الماء سائلًا يرتفع بسرعة الى الصفر وينسب ارتفاع درجة الحرارة هذا الى الحرارة الكامنة التي تخلصت بتكون الجليد

والكبريت الذي يسج ويتجمد على درجة 111° + يبقى سائلًا الى الدرجة الاعتيادية متى يرد ببطء مع سكونه وكذا الفسفور الذي يتجمد في درجة 44° + يمكن ابقاؤه سائلًا الى درجة 22° + في الماء الساكن بالكلية وفي هذه الحالة اذا لمس الفسفور السائح بقضيب من الفسفور الصلب ابتداء التجمد حالًا في محل الملامسة وسرى بسرعة في جميع الكتلة وشاهد جريته أنه يحصل أيضًا تجمد جميع الاجسام السائجة بذلك جسمين صلبين ببعضهما في الكتلة السائجة أو بذلك جسم صلب يجدران الأنبوبة السائح فيها الجسم

والتحريك السريع يمكنه أيضًا منع تجمد السوائل وكذلك كل تأثير يعوق الاجزاء في تحركها عن أن تأخذ انتظامها الضروري في حالة التجمد

وبمثل

* (٢٠١) *

وبمثل ذلك أمكن ديسير تر تبريد الماء في أنابيب شعيرية ضيقة جدًا لدرجة ٢٠ - بدون أن يتجمد ويمكن استعمال هذه التجربة لتوضيح كيفية مقاومة النباتات للتجمد في الدرجات المنخفضة حيث أن الأوعية المحتوية على العصارة ضيقة جدًا وبالمجمل فقد وجد موسون في الألمان أن الضغط الشديد لا يؤثر تجمد الماء فقط بل يمنعه من أن يتم

(المبحث السابع في المخالط المبردة)

اختفاء أى كيون الحرارة في الأجسام عند اتقالم من حالة الصلابة الى حالة السيولة استعمال لاجداث برودة صناعية كثيرة الشدة أو قليلتها وتتحصل هذه النتيجة بمخاط الأجسام التي بعضها له ميل للبعض الآخر ويكون أحدها بالاقبل صلبا مثال ذلك الماء وملح الطعام أو الجليد وملح أو حمض وملح فبالمثل الكيمياء يبرع الذوبان حينئذ ويرفع الجزء الذي ذاب من باقى المخلوط مقداراً عظيماً من الحرارة يصير كامناً وينتج من ذلك انخفاض في درجة الحرارة يكون عظيماً أحياناً

والمجدول الآتى يبين مقادير وطبيعة الأجسام المستعملة لتحصيل انخفاض معلوم في درجة الحرارة

درجات الحرارة	المقادير بالوزن	أسماء الأجسام كبريتات الصودا حمض الكاويرايدريك
من ١٠ + الى ١٧ -	$\left. \begin{matrix} ٨ \\ ٥ \end{matrix} \right\}$	جليد مجروش أو ثلج ملح طعام
من ١٠ + الى ١٩ -	$\left. \begin{matrix} ٢ \\ ١ \end{matrix} \right\}$	كبريتات الصودا حمض الأزوتيك المضعف
من ١٠ + الى ١٩ -	$\left. \begin{matrix} ٣ \\ ٢ \end{matrix} \right\}$	كبريتات الصودا أزونات النوشادر حمض أزوتيك مضعف
من ١٠ + الى ٢٦ -	$\left. \begin{matrix} ٦ \\ ٥ \\ ٤ \end{matrix} \right\}$	فصفات الصودا حمض أزوتيك مضعف
من ١٠ + الى ٢٩ -	$\left. \begin{matrix} ٩ \\ ٤ \end{matrix} \right\}$	كلورور الكالسيوم المسحوق جليد مجروش أو ثلج
من ١٠ + الى ٥١ -	$\left. \begin{matrix} ٤ \\ ٣ \end{matrix} \right\}$	

* (٢٠٢) *

والمخاليط المبردة ~~كثيرة~~ النفع في الكيمياء والطبيعة وفي الصنائع والتدبير الاهلى
ويستعمل جهاز صغير لتحصيل الجليد في جميع الفصول بواسطة حل كبريتات الصودا
في حمض الكاودايدريك وكل ستة كيلوجرام من هذا الملح ونجسة من الحمض تكفي
لتحصيل ٥ كيلوجرام الى ٦ من الجليد في الساعة الواحدة ويتركب الجهاز
المذكور من اسطوانة معدنية منقسمة الى خمس محلات متراكزة فيوضع الماء المراد
تجمده في المركز والمخلوط المبرد في المحل التالي له والمحل الثالث يحتوى على ماء أيضا
وبالجمل فيوضع في المحل الظاهرى جسم قليل التوصيل للحرارة كالقطن مثلامنع
مرور الحرارة الآتية من الخارج

(المبحث الثامن في الابخرة)

الابخرة هي الحالة الهوائية للسوائل المنقلة اليها بتأثير الحرارة كالاتير والكحول والماء
والزئبق وتسمى سوائل طيارة السوائل التي لها خاصية الانتقال الى الحالة الهوائية
وسوائل ثابتة السوائل التي لا تعطى أبخرة على أى درجة من الحرارة كالزيت والدهنة
وهناك اجسام صلبة كالجلايد والزنج والكافور والمواد الراتجية تعطى أبخرة بدون
أن تنتقل الى حالة السيولة

وكثير من السوائل كالاتير والكحول تعطى أبخرة على جميع درجات الحرارة والماء
يتبخرا أيضا على درجات كثيرة تحت الصفر والزئبق يتبخر على الدرجة الاعتيادية بل
على الدرجات المنخفضة ولا نبات ذلك تسدزاجية وضع فيها قليل من الزئبق بسدادة
سطحها السفلى مغلى بورقة من الذهب فيعذر من يسير تبيض ورقة الذهب بأبخرة
الزئبق وحمض الكبريتيك لا يتبخر على الدرجة الاعتيادية ولو في الفراغ والذي يثبت
ذلك أنه اذا وضع تحت ناقوس الآلة المفرغة جفتان احدهما محتوية على
حمض الكبريتيك والاخرى على ماء الباريت وعمل الفراغ فلا يتعكر ماء الباريت
مادامت الحرارة أنزل من درجة ٣٠ + وهذا يدل على أنه لم يحدث تبخر أصلا من
حمض الكبريتيك والا فيمجرد حدوث التبخر يذوب البخار في السائل ويكون فيه
كبريتات الباريت العديم الذوبان ويتعكر السائل
والابخرة شعافة كالغازات وعدية اللون على العموم ولم يوجد الا عدد قليل من
السوائل المائية التي تعطى أبخرة متلوثة

المبحث

* (٢٠٣) *

(المبحث التاسع في التبخر)

التبخر على العموم هو انتقال الجسم من حالة السيولة الى الحالة البخارية لئلا يقصد
بخصوص التبخر كل ما يتحصل من البخار بيط من سطح سائل وبالعلى كل ما يتحصل
بسرعة من البخار من نفس كتلة السائل

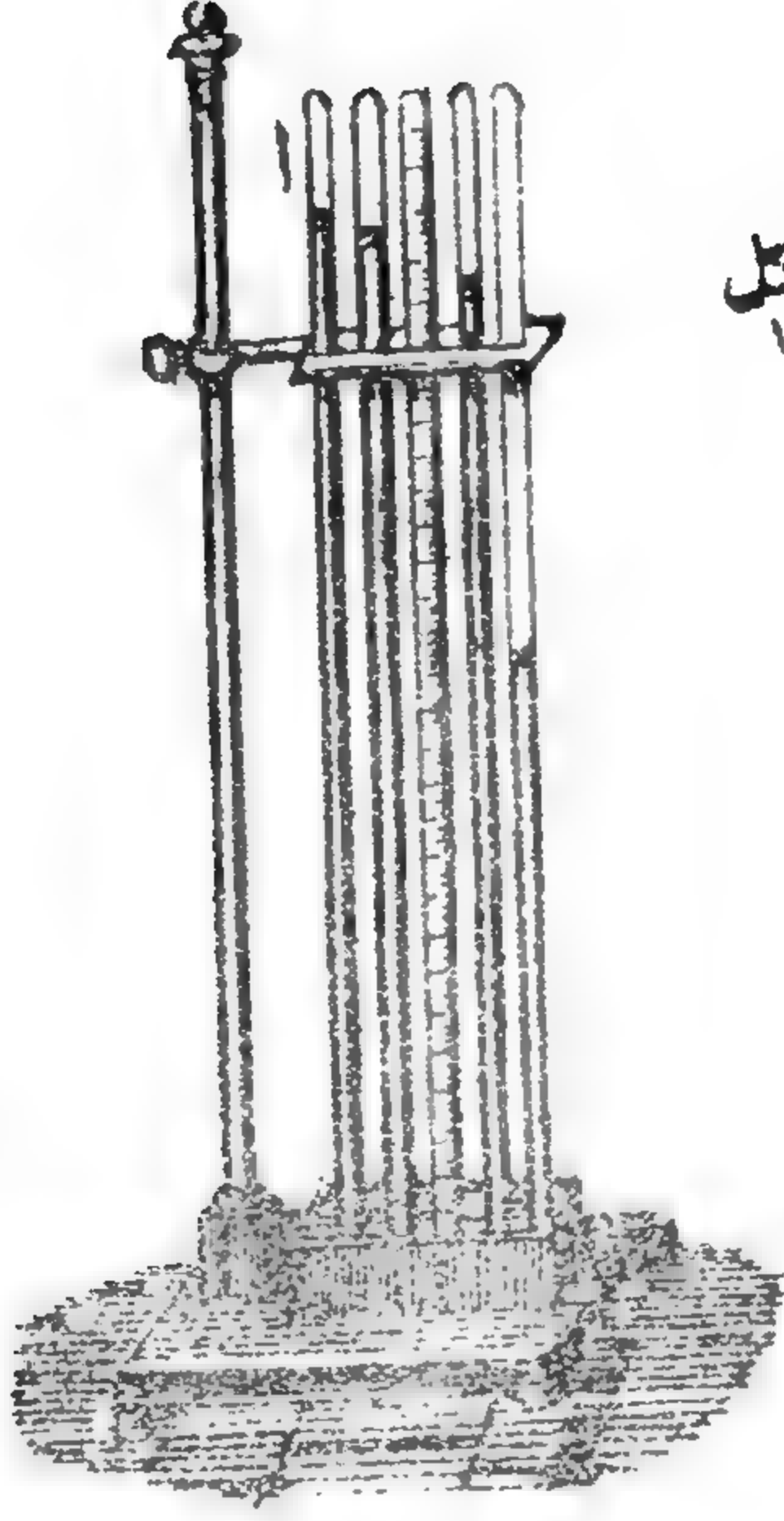
وسنشهد أن الغلي لا يحصل تحت ضغط الجوى المعتاد الا على درجة حرارة معينة منسب
السيحان بخلاف التبخر فانه يحصل في درجات الحرارة المختلفة ومع ذلك يظهر انقطاع
جميع التبخر بعد بعض درجات من التبريد فالزئبق مثلاً لا يعطى أبخرة أنزل من ١٠
درجات تحت الصفر وحض الكبريتيك لا يعطى أبخرة أنزل من درجة ٣٠ كما تقدم
وسنشهد أنه يكن مقدار عظيم من الحرارة مدة التبخر كما في السحان وهذا يدل على أنه
استعمل مقدار منها في عمل التبخر ليساعد قوة التجزيئات الشديدة

(المبحث العاشر في قوة مرونة البخار)

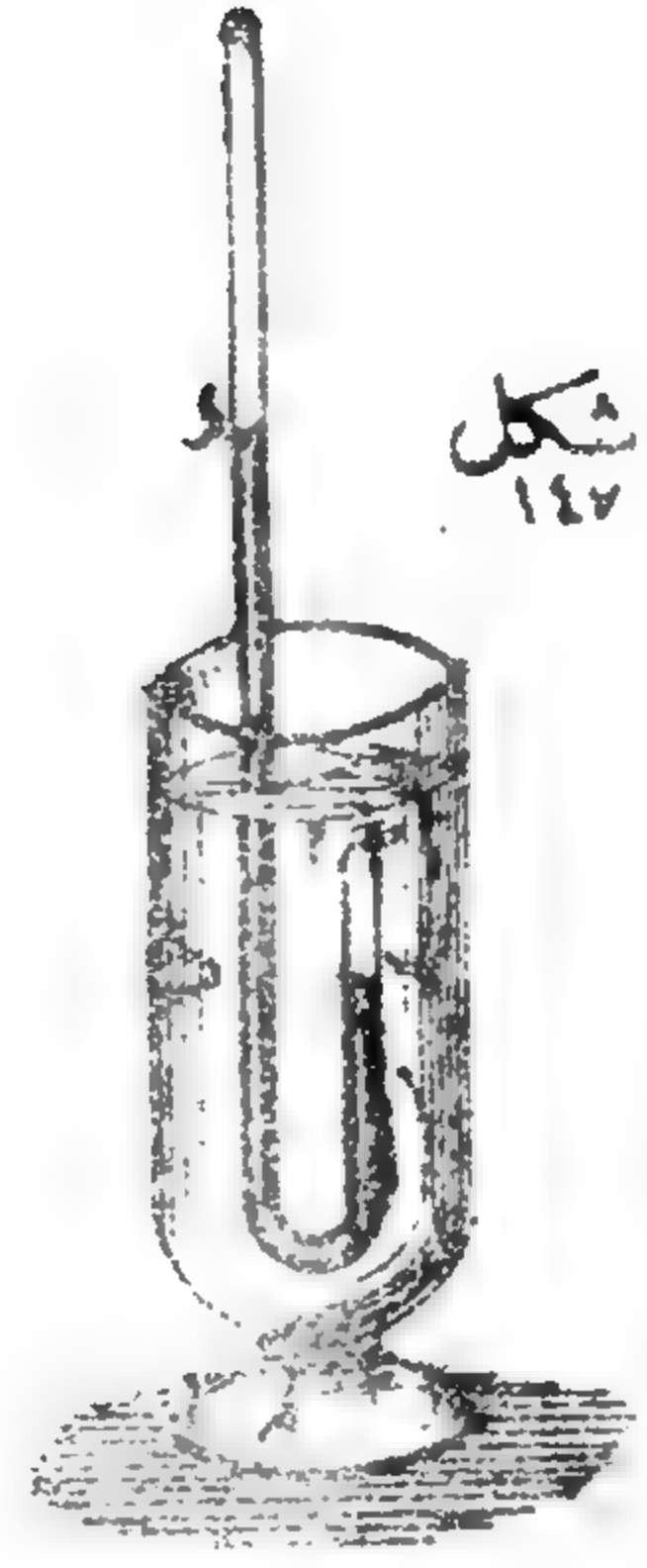
الأبخرة كالأغارات لها قوة مرونة بها تحدث على جدران الاواني الحاوية لها ضغطاً وطا
عظيمة أو قليلة ولاجل اثبات شدة الأبخرة وصيرورتها محسوسة بالبرقعة لا أنبوبة
من زجاج مخنقة كالمص كما في شكل ١٤٧

الى نصفها بالزئبق ثم تنفذ قطرة من الاثير في شعبتها القصيرة المسدودة وتغمر الانبوبة
في حمام من الماء درجة حرارته ٤٥ + تقريباً فينخفض الزئبق حينئذ يبطء في الشعبة
القصيرة وتمتلئ بمسافة ا ب بغاز هينته كالهواء بالسكينة توازن قوة مرونته عمود الزئبق
ث و كما توازن الضغط الجوى الواقع على و وهذا الغاز ليس شيئاً آخر بخلاف بخار
الاثير فاذا برد الماء أو أخرجت الانبوبة من الحمام وكان الزمن بارداً شوهد نزول بخار
الاثير الى اسافة ا ب بسرعة وتكونت قطرة الاثير ثانياً وبالعكس اذا سخن ماء
الحمام زيادة انخفض استواء الزئبق أسفل نقطة ب وهذا يدل على ازدياد شدة البخار
(المبحث الحادى عشر في تكون الأبخرة في الفراغ)

في التجربة المةقدمة لم يحصل الانتقال الى الحالة البخارية الا ببطء ويكون كذلك أيضاً
متى كان السائل القابل للقطاير معرضاً للهواء وفي الحالة التي يكون الضغط الجوى هو
العائق للتصعيد ولكن ليس كذلك اذا كانت السوائل موضوعة في الفراغ وحيث
ان قوة مرونة البخار لا يقابلها حينئذ أدنى معارض فيكون تكونه حالاً ولا ثبات ذلك
تغمر رجلة أنابيب بارومترية مثلاً بالزئبق في حوض واحد كما في شكل ١٤٨



شكل
١٤٨



شكل
١٤٧

وتحفظ منها واحدة كانبوبة ا مثلاً لتستعمل بارومتر انميدخل في الباقي بعض نقط من الماء ومن الكؤل ومن الاثير على التوالي فيشاهد أنه بمجرد وصول السائل للفراغ الباروميترى ينخفض استواء الزئبق في كل من الانابيب كما يظهره الشكل المذكور وحيث ان ثقل السائل الذي أدخل ايس هو الذي خفض الزئبق لانه كسر قليل جداً بالنسبة لثقل الزئبق المتزوي فقد تولد حينئذ من كل سائل بخار فبحاثي قوة مرونته دفعت عمود الزئبق وهذه التجربة تثبت زيادة عن ذلك أن انخفاض الزئبق ايس واحداً في الثلاث انابيب فيكون أكثر في أنبوبة الكؤل مما في أنبوبة الماء وفي أنبوبة الاثير أكثر مما في الانبوبتين الاخيرتين وحينئذ يمكننا وضع القانونين الاتيين
الاول أن السوائل تتبخر في الفراغ حالا الثاني أن أبخرة السوائل المختلفة لا تكون شدةها واحدة في الحرارة المتساوية فتكون شدة بخار الاثير مثلاً في درجة ٢٠ + أعظم من شدة بخار الماء ٢٠ مرة تقريباً

* (المبحث الثاني عشر في البخار في حالة التشبع ونهاية شدته) *

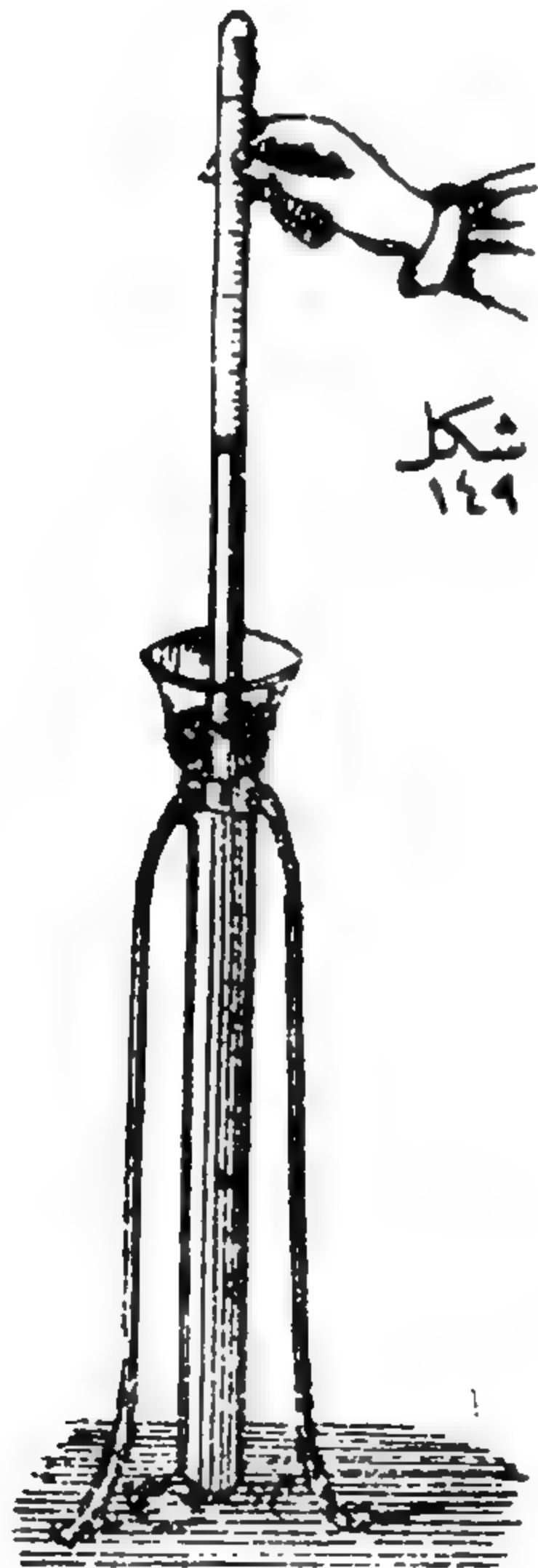
متى أدخل في أنبوبة البار ومتر سائل طيار كالآثير وكان بمقدار قليل جداً تصاعد جميعه حالاً وانخفض عمود الزئبق لكنه لا يبلغ غاية انخفاضه لانه اذا أدخل ثانياً مقدار قليل من الآثير شوهد ازدياد الانخفاض وبالمداومة هكذا يأتي زمن يمتنع فيه تصاعد الآثير الذي أدخل في الأنبوبة ويمكث في الحالة السائلة وحينئذ فيوجد لكل درجة حرارة معينة حد لكمية البخار التي تتكون في مسافة معلومة ويقال حينئذ ان هذه المسافة متشعبة ويشاهد زيادة على ذلك وقوف انخفاض عمود الزئبق في الزمن الذي يمتنع فيه تصاعد الآثير وحينئذ فيوجد أيضاً حد لشدة البخار وهذا الحد يتغير مع تغير درجة الحرارة كما سيأتي اثبات ذلك في الكلام على شدة بخار الماء لكنه في درجة الحرارة المعلومة يكون غير متعلق بالضغط

ولاجل اظهار بقاى الحرارة ثابتة في المسافة المغلقة المتشعبة بالبخار المحتوية على سائل بمقدار زائد ووجد ونهاية الشدة التي لا يتجاوزها البخار مهما كان الضغط تغمر أنبوبة بارومترية في حوض عميق كافي

شكل ١٤٩

ملائمة بالزئبق ابتداء وينفذ فيها كمية كافية من الآثير بحيث يبقى منه بعد تشبع الخزنة البارومترية كمية زائدة سائلة ويعرف ارتفاع الزئبق في الأنبوبة بواسطة مسطرة مدرجة كائنه على نفس الأنبوبة

وحيث انه اذا غمرت الأنبوبة زيادة أوفرت بقى ارتفاع عمود الزئبق ثابتاً في الحالتين تكون حينئذ شدة البخار واحدة في الحالتين لان انخفاض الزئبق لا ينقص بزيادة غمر الأنبوبة ولا يزيد ارتفاعها وينتج من ذلك أنه متى كان البخار المنحصر في مسافة متشعبة مضغوطاً



شكل ١٤٩

نصيب
ولا نخل نورين
في المسافة المغلقة
المتشعبة بالبخار
المحتوية على سائل
بمقدار زائد مع
بقاى الحرارة ثابتة
نوجد نهاية مع

* (٢٠٦) *

رجوع جزء منه لحالة السيولة وانه اذا نقص الضغط تصاعد جزء السائل الزائد المتبقى وتشبعت ثانيا المسافة المشغولة بالبخار لكن في كلتا الحالتين تبقى شدة البخار وكثافته ثابتة

* (المبحث الثالث عشر في البخار الغير متشبع) *

بحقن مائقة - دم تظهر الابخرة على حالتين متميزتين على حسب كونها متشبعة او غير متشبعة

ففي الحالة الاولى وهي حالة التشبع أى الحالة التى تكون فيها الابخرة ملاصقة لسوائلها بخلاف الابخرة الغازات بالكليّة حيث انها فى الحرارة المعلومة لا تنقبض ولا تتمدد وتبقى قوة مرونتها وكثافتها ثابتة

وفي الحالة الثانية بالعكس وهو أن الابخرة الغير متشبعة الغير ملاصقة لسوائلها تكون مشابهة بالكليّة للغازات حيث أن لها جميع خواص الغازات وفي الواقع اذا اعيدت التجربة المتقدمة فى الشكل السابق فى مبحث البخار فى حالة التشبع ولم يدخل فى الانبوبة الا كمية قليلة من الاثير بحيث لا يصل البخار المتكون الى حالة التشبع ورفعت الانبوبة حينئذ ارتفاعا خفيفا شوهد صعد واستواء الزئبق وهذا يدل على أن قوة مرونة البخار نقصت وكذلك ينخفض استواء الزئبق بغير الانبوبة زيادة فالبخار ينضغط هنا بتمامه مثل الغاز وتنقص شدته متى ازداد حجمه وحيث يشاهد فى الحالتين أن الحجم الذى يأخذه البخار يكون على حسب عكس الضغط فيستنتج من ذلك أن الابخرة الغير متشبعة تكون معرضة لقانون مريوط

وبالمجمل اذا سخن بخار غير متشبع يشاهد أن تزايد حجمه يكون عين ترتيب تزايد حجم الغازات وأن العدد ٠.٠٣٦٧ . الذى يبين مكررت تمدد الهواء يمكن أخذه لمكرر تمدد الابخرة

ويشاهد حينئذ أن الابخرة الغير متشبعة تكون مشابهة بالكليّة للغازات وأنه يمكن أن تستعمل لها جميع المعادلات المتعلقة بالاضغطا وتمدد الغازات المتقدمة فى قانون مريوط وفى تمدد الغازات لكن ينبغى أن يتذكر أنه يوجد دائما حد للضغط أو التبريد تثقل به الابخرة الغير متشبعة لحالة التشبع ويكون لها حينئذ غاية الشدة والكثافة التى لا تتجاوزها الا اذا كانت الابخرة ملاصقة لسوائلها وارتفعت درجة حرارتها

* (المبحث

* (٢٠٧) *

* (المبحث الرابع عشر في شدة بخار الماء تحت الصفر) *

لأجل قياس قوة مرونة بخار الماء تحت الصفر استعمل غيلوساك أنبوبتين بارومتريتين
ملاّتين بالزئبق ومغمورتين في حوض واحد كما في شكل ١٥٠
أحدهما المستقيمة الخالية بالكليّة عن الهواء والرطوبة تستعمل لقياس ضغط البخار
والثانية منحنية بحيث يتغير جزء الخزانة البارومترية في مخلوط مبرد فاذا انخفض قليل من
الماء في الأنبوبة المنحنية يشاهد أنّ استواء الزئبق في هذه الأنبوبة يكون أكثر انخفاضاً
مما في أنبوبة أ بمقدار يختلف مع اختلاف درجة حرارة المخلوط المبرد
ففي الصفر يكون الانخفاض بالمليمتر ٤٫٦٠

وفي ١٠ - ١٫٩٦

وفي ٢٠ - ٠٫٨٤

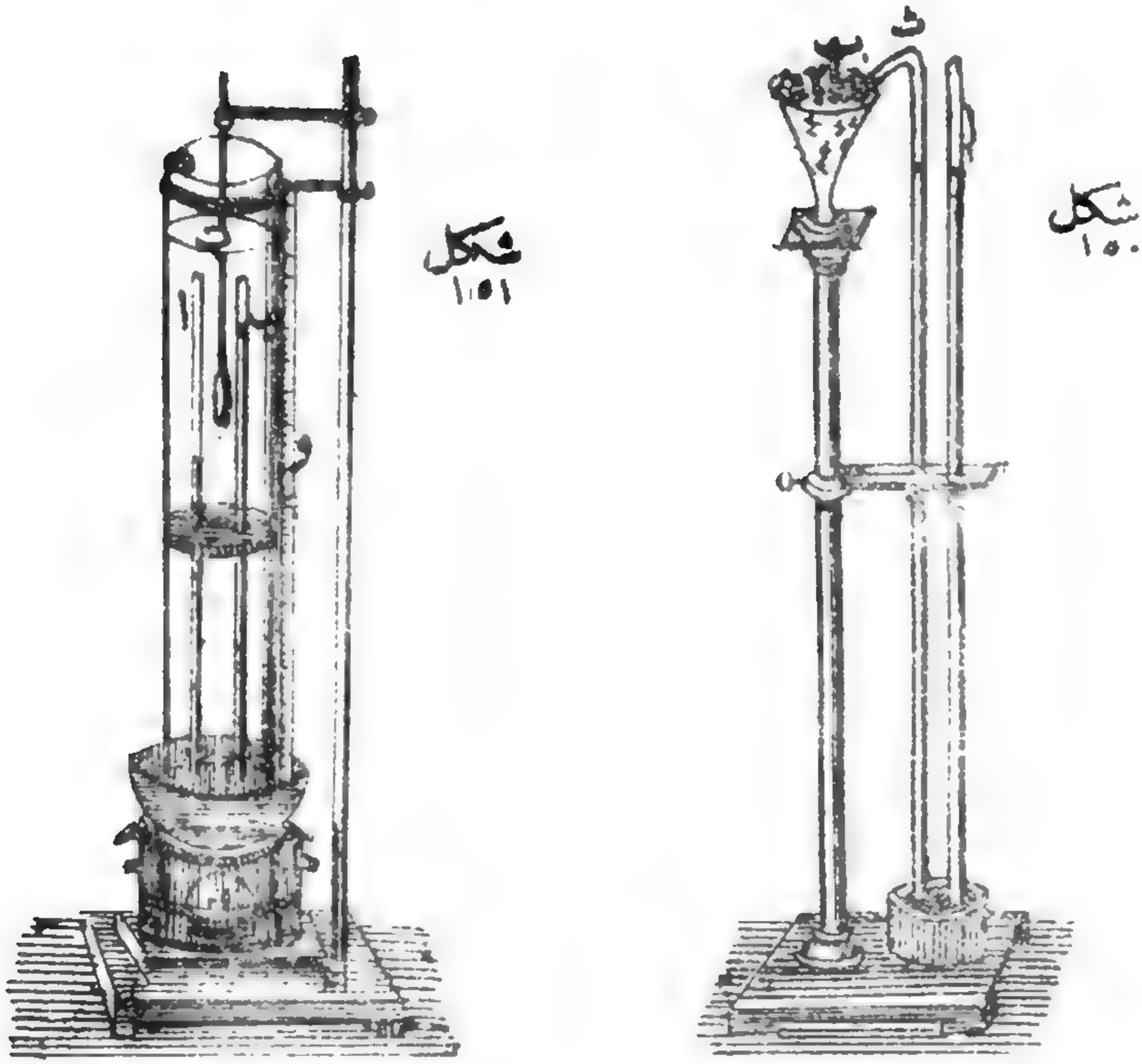
وفي ٣٠ - ٠٫٣٠

وهذا الانخفاض الذي ينسب ضرورة لشدة البخار في الخزانة البارومترية ب ث
يثبت وجود بخار الماء أيضاً في الهواء في درجات الحرارة المنخفضة جداً
ومحقق في التجربة المذكورة أنّ جزء ب وجزء ث من الخزانة البارومترية التي فيها
البخار غير مشتركين في درجة حرارة المخلوط المبرد أعني أنّ ب في درجة برودة أكثر
من الدرجة التي فيها ث لكن سنشاهد أنه متى كان أنا أن مسة طرفين ببعضهما
ودرجة حرارتهما غير متساوية كانت شدة البخار واحدة في الأنبوبين وتنسب دائماً إلى
الأكثر انخفاضاً من الحرارتين

* (المبحث الخامس عشر في قياس شدة بخار الماء فيما بين الصفر ودرجة ١٠٠

بطريقة دالتون) *

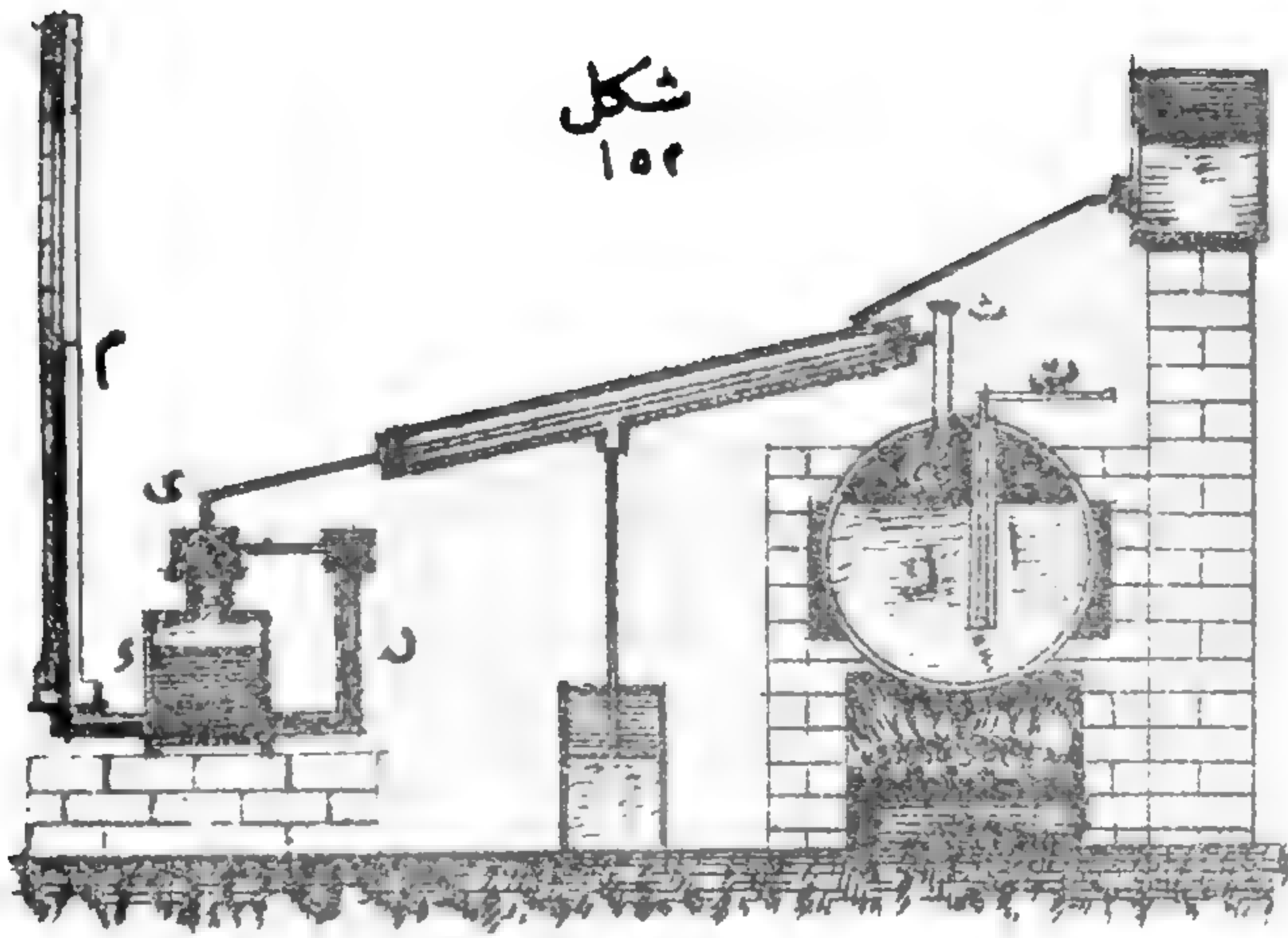
قاس دالتون قوة مرونة البخار من الصفر إلى درجة ١٠٠ بواسطة الجهاز الموضح
في شكل ١٥١



وفيه الأنبوبتان البارومتريتان ا و ب مغمورتان في حلة من الزهر ملائمة بالزئبق وموضوعة على فرن وبارومتر خال بالكليمة عن الهواء والرطوبة وبارومتر تنفذ فيه كمية قليلة من الماء وهذان البارومترا محصوران في غلاف من الزجاج ملآن بالماء وفي مركز هذا الغلاف مغمورتا مومتري التي يبين حرارة السائل في تسخين الحلة تدريجيا وبالتبعية ماء الغلاف يتبخر الماء الذي في أنبوبة ا وكلما زادت شدة البخار انخفض الزئبق فحينئذ تبين درجات الانخفاض الذي يحصل في أنبوبة ا أسفل استواء ب درجة درجة على مسطرة ومع الانتباه لترجيح ارتفاع الزئبق في أنبوبة ب لدرجة الصفر في كل مشاهدة فتعلم شدة البخار من اختلاف الاستواءات المشاهدة وبهذا العمل صنع دالتون جدول قوة مرونة بخار الماء من الصفر لدرجة ١٠٠ +
* (المبحث السادس عشر في قياس قوة بخار الماء فوق درجة ١٠٠ بواسطة دولونغ وأرجو) *

شكل ١٥٢

بوضوح



يوضع القطاع الرأسى للجهاز الذى استعمله دولونغ وأرجو لقياس قوة مرونة بخار الماء
أعلى من درجة ١٠٠ ويتركب هذا الجهاز من قزان من النحاس الاجرك تخين
الجدران يسع ٨٠ ليترًا ومن ماسورتى بندقية ١ مشاهدة احدهما فقط فى الشكل
المذكور وهما مغمورتان فى ماء القزان ومثبتتان فى جدارنه تثبيتهما قويا ومسدودتان
من جرتيهما السفلى وملائتاهما بزئبق موضوع فيه ترمومتران تيدلان على حرارة
الماء والبخار فى القزان

وتقاس شدة البخار بواسطة المانومترذى الهواء المنحصر كما تقدم فى الكلام على
قاعدة مريوط وهذا المانومتر درج بالتجربة من قبل ووفق على طست من زهر
ملاّن بالزئبق

ولاجل معرفة ارتفاع الزئبق فى الطست يوصل بين قته وقاعدته بأنبوبة من بلورن
يكون فيها الاستواء دائما واحدا كما يكون فى الطست

وبالجملة من أنبوبة من نحاس يوصل الجزء العلوى من الطست بالانبوبة الرأسية
ت الخارجة من القزان الخارج منه البخار وأنبوبة يوصل الجزء العلوى من الطست
بملوآن بالماء الذى يجعل مستمرا فى درجة حرارة منخفضة بأن يدور حول الانبوبة
تيار من الماء البارد يسيل من حوض موضوع على يمين الشكل المذكور فالبخار الذى

* (٢١٠) *

يتصاعد من أنبوبية ث يحدث ضغطا على ماء أنبوبية ي وهذا الضغط ينتقل الى الماء والزئبق الكائنين في الطست و فيصعد الزئبق في المانومتر وبأخذ درجات الحرارة المبدئية بالترمومترين وملاحظة المانومتر في زمن واحد قاس كل من دولونغ وارجو حينئذ شدة بخار الماء المقابلة لدرجة حرارة معلومة لغاية ٢٤ جوا وبعد ذلك قدرا بواسطة الحساب لغاية ٥٠ جوا

وفي ٥- ذين الجدولين الاتيين تعلم شدة بخار الماء تبعالرينبول من درجة ١٠ - الى درجة ١٠٠ + ثم من درجة ١٠٠ الى درجة ٢٣٠,٩

(شدة بخار الماء من درجة ١٠ - الى درجة ١٠٠ + تبعالرينبول)

درجات الحرارة	الشدة بالرينبول من الزئبق في درجة الصفر	درجات الحرارة	الشدة بالرينبول من الزئبق في درجة الصفر
- ١٠	٢,٠٩٣	٤٥	٧١,٣٩١
- ٥	٣,١٣١	٥٠	٩١,٩٨٢
٠	٤,٦٠٠	٥٥	١١٧,٤٧٨
+ ٥	٦,٥٣٤	٦٠	١٤٨,٧٩١
+ ١٠	٩,١٦٥	٦٥	١٨٦,٩٤٥
+ ١٥	١٢,٦٩٩	٧٠	٢٣٣,٠٩٣
+ ٢٠	١٧,٢٩١	٧٥	٢٨٨,٥١٧
+ ٢٥	٢٣,٥٥٠	٨٠	٣٥٤,٦٤٣
+ ٣٠	٣١,٦٤٨	٨٥	٤٣٣,٠٤١
+ ٣٥	٤١,٨٢٧	٩٠	٥٢٥,٤٥٠
+ ٤٠	٥١,٩٠٦	٩٥	٦٦٣,٧٧٨
		١٠٠	٧٠٠,٠٠٠

(الشدة)

* (٢١١) *

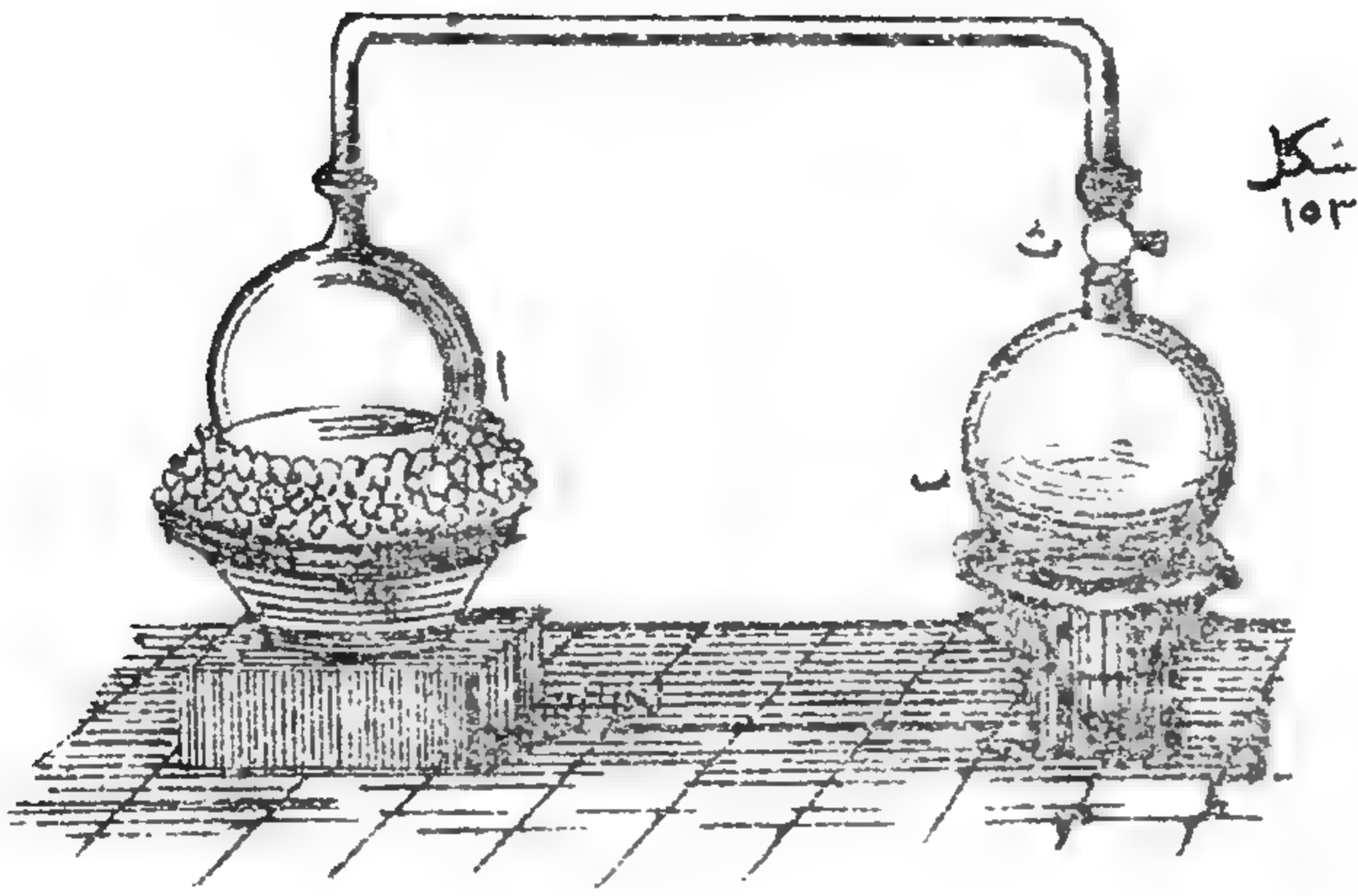
(الشدة بالجو من درجة ١٠٠ + الى درجة ٢٣٠,٩ + تبعاً لرينبول)

درجات الحرارة	تعداد الجو	درجات الحرارة	تعداد الجو
١٠٠	١	١٩٨,٨	١٥
١٢٠,٦	٢	٢٠١,٩	١٦
١٣٣,٩	٣	٢٠٤,٩	١٧
١٤٤,٠	٤	٢٠٧,٧	١٨
١٥٢,٢	٥	٢١٠,٤	١٩
١٥٩,٢	٦	٢١٣,٦	٢٠
١٦٥,٣	٧	٢١٥,٥	٢١
١٧٠,٨	٨	٢١٧,٩	٢٢
١٧٥,٨	٩	٢٢٠,٣	٢٣
١٨٠,٣	١٠	٢٢٢,٥	٢٤
١٨٤,٥	١١	٢٢٤,٧	٢٥
١٨٨,٤	١٢	٢٢٦,٨	٢٦
١٩٢,١	١٣	٢٢٨,٩	٢٧
١٩٥,٥	١٤	٢٣٠,٩	٢٨

* (المبحث السابع عشر في قوة البخار في اناثين مستطرقين ببعضهما)

غير متساويين في الحرارة *

متى كان انا آن مغايقين ومختويين على سائل واحد مختلف الحرارة وبينهما استطراق كانت الشدة العامة للبخار المتكون في هذين الاناثين ليست هي كما يظن الشدة المتوسطة بين الشدتين الموجودتين في كل منهما اذا كانا غير مستطرقين فاذا كان دورقان مثلاً أحدهما ا شكل ١٥٣



محتوى على ماء درجته محفوظة في الصفر بوضعه في الجليد الذائب والثاني ب محتو على ماء درجته ١٠٠ فسادا م هذان الدورقان غير مستطرقين ببعضهما متكون الشدة في الدورق الاول ٤٠٠ ميليمتر وفي الثاني ٧٦٠ ميليمتر لكن بمجرد استطراقهما ببعض بفتح حنفية ث ينحذف بخار دورق ب بالنظر لزيادة شدته الى دورق ا ويتكثف فيه في الحال لان درجته في الصفر وينتج من ذلك أن البخار لا يمكنه أن يكتسب في دورق ب شدة تزيد على شدة بخار دورق ا ويوجد حينئذ تطهير من ب الى ا بدون تزايد الشدة

ويمكن حينئذ وضع هذه القاعدة العامة وهي أنه متى كان انا آن محتويين على سائل واحد مقدار زائد وحرارتهما مختلفة وبينهما استطراق كانت شدة البخار واحدة في هذين الاناثين ومساوية للشدة التي تنسب لخفضهما حرارة

* (المبحث الثامن عشر في التبخر والاسباب التي تقويه) *

التبخر هو استحالة السائل ببطء الى بخار وبهذا التبخر تحف الاقشة المبتلة المعرضة للهواء ويخلو الاناء الملائن بالماء المفتوح عن الماء بالكلية في نهاية بعض زمن وتنسب الا تبخرة التي تصعد في الجو وتتكثف فيه سحباً وتسقط مطراً للتبخر الذي ينشأ على سطح البحار والبرك والانهار والارض

والاسباب التي تؤثر على سرعة تبخر السائل وتقويه أربعة الاول الحرارة الثاني كمية البخار

* (٢١٣) *

البخار المنتشرة من نفس السائل من قبل في الجو المحيط به الثالث تجدد الهواء الرابع اتساع السطح المتبخر

فزيادة الحرارة تقوى التبخر بسبب زيادة قوة المرونة التي تحدثها في الأبخرة ولاجل معرفة تأثير السبب الثاني نقول ان تبخر السائل يصير معدوما في مسافة مشحونة ببخار من نفس هذا السائل وأنه يصل لغايته في هواء خال بالكيفية عن هذا البخار وينتج من ذلك أنه فيما بين هاتين الحالتين تتغير سرعة التبخر على حسب كون الجو المحيط مشحونا من قبل كثيرا أو قليلا بنفس البخار

وأما تجدد الهواء فيفسر تأثيره بنفس هذه الكيفية لأنه اذا كان الهواء أو الغاز المحيط بالسائل غير متجدد انشحن حالاً وانقطع التبخر بالكيفية وتأثير السبب الرابع واضح

* (المبحث التاسع عشر في الغليان ونواميسه) *

الغليان هو تولد البخار بسرعة في نفس كتلة السائل على شكل كرات غليظة أو دقيقة فتنسخن سائل كالماء مثلاً من جزئه السفلى فأول كرات تظهر ليست هي الامن تصاعد الهواء الذائب في الماء وبعد ذلك ترتفع كرات صغيرة من البخار حلالاً من جميع نقط الجدران المسخنة لكن باحتيازها الطبقات العليا التي حرارتها أكثر انخفاضا تتكثف فيها قبل أن تصل للسطح فهذه التكوين والتكثف المتعاقبان للكرات الأولى من البخار هما اللذان يسببان الازير الذي

يسبق الغليان عادة

وأخيراً ترتفع كرات غليظة

وتنفجر على السطح وهذا الذي

يكون ظاهرة الغليان كما يتضح

من شكل ١٥٤

وجميع السوائل القابلة لان

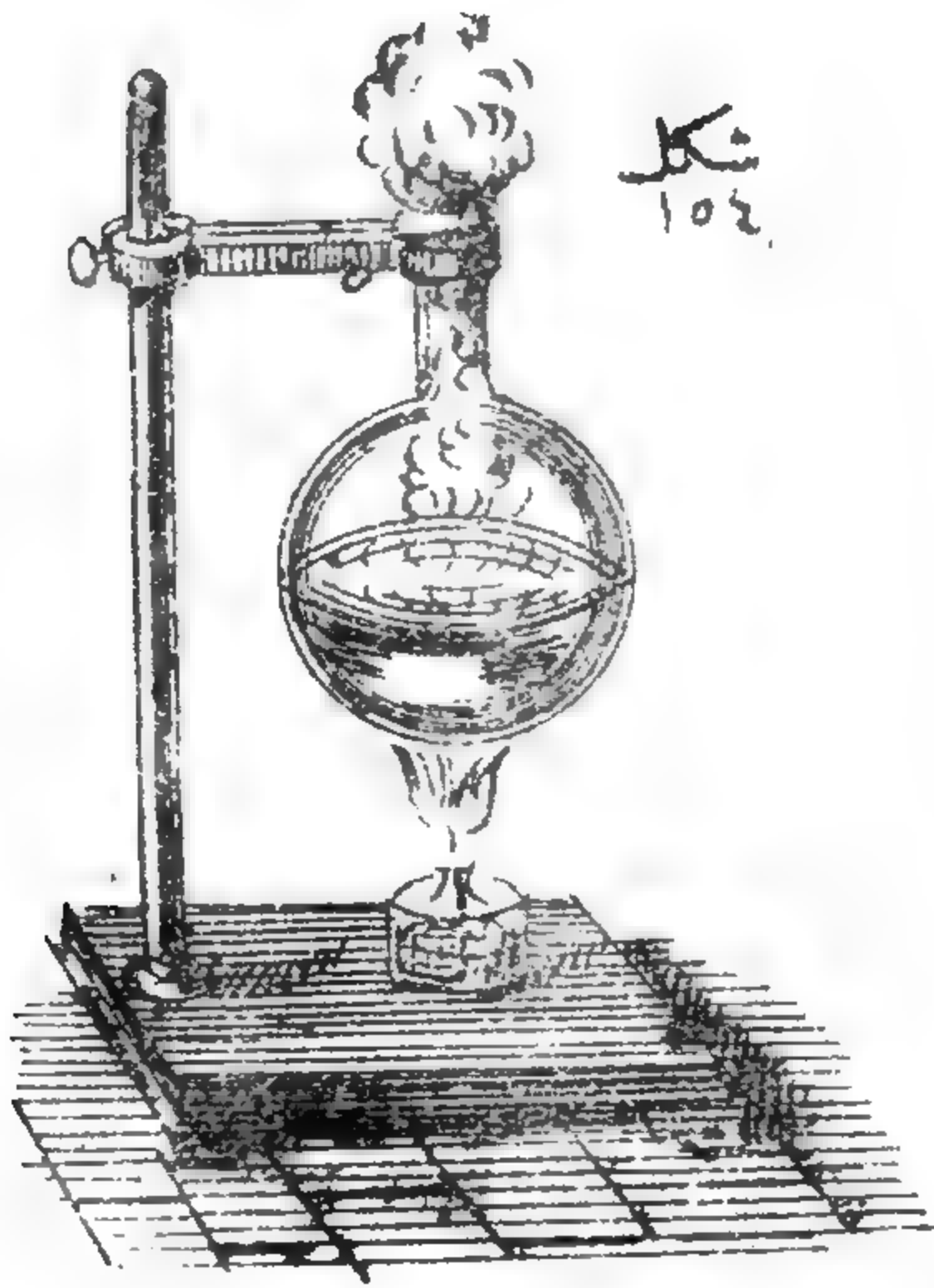
تغلي تظهر الثلاث نواميس

الآتية التي تثبت بالتجربة

الأول ان درجة حرارة الغليان

تزداد أي تتأخر مع ازدياد الضغط

الثاني أن الغليان في الضغط



* (٢١٤) *

المعلوم لا يتبدى الا في درجة حرارة معينة تختلف من سائل الى آخر. لكنها تكون دائما واحدة للسائل الواحد في الضغوط المتساوية. الثالث انه من زمن ابتداء الغليان تبقى الحرارة ثابتة مهما كانت شدة تبويع الحرارة

* (درجات الغليان في ضغط ٧٦٠، ٠ ممترا) *

درجة	
— ١٠	حمض الكبريتوز
+ ١١	اتيركلورايدريك
+ ٢٥	حمض كبريتيك انيدري
+ ٣٥,٥	اتيركبريتيك انقى
+ ٤٨	كبريتورالكربون
+ ٦٣,٥	كلوروفورم
+ ٧٩	كؤل
+ ٨٠	بنزين
+ ٨٦	حمض الازوتيك الاول الايدراتى
+ ١٠٠	ماء مطر
+ ١٥٧	عطر الترمينينا
+ ٢٩٠	قصفور
+ ٣٢٥	حمض كبريتيك مركز
+ ٣٥٠	زئبق فى الترمومتر الهوائى
+ ٤٠٠	كبريت
+ ١٠٤٠	خارصين

وهناك جملة أسباب يمكنها أن تغير درجة حرارة غليان السائل وذلك كالأجسام الذائبة فيه وطبيعة الأواني وعدم وجود هواء أو غاز ذائب فى السائل والضغط وسنشرح على التوالى تأثير هذه الأسباب المختلفة على الماء بالخصوص

* (المبحث العشرون فى تأثير الأجسام الذائبة على درجة الغليان) *

مضى كان الجسم الذائب فى السائل غير قابل للتطاير أو كان أقل تطايرا من السائل ازداد تأخير غليان هذا السائل كثيرا كلما احتوى على مقدار كثير من الجسم الذائب فالسائل الذى

*** (٢١٠) ***

الذي يغلي في درجة ١٠٠ إذا كان نقيا فإنه لا يغلي الا على الدرجات الآتية متى كان متشعبا بأملاح مختلفة

درجة

الماء المتشعب بملح الطعام يغلي على ١٠٩

الماء المتشعب بازوتات البوتاسيا يغلي على ١١٦

الماء المتشعب بكر بونات البوتاسيا يغلي على ١٣٥

الماء المتشعب بكأور وراكالسيوم يغلي على ١٧٩

والهاليل الحمضية تظهر نتائج مشابهة لما ذكر لكن الاجسام المتعينة في السائل فقط كالواذات الترابية ونشارة الخشب لا ترفع درجة حرارة الغليان

ومن المهم أن يلاحظ هنا تجارب روديرج المتقدمة في بحث تعيين درجة المائة التي أُنبت فيها أنه متى كانت حرارة غليان الماء أعلى من درجة ١٠٠ + بتأثير الاجسام الدائمة فيه فتكون حرارة البخار المتصاعد منه دائما في درجة ١٠٠ + كما تكون اذا كان الماء نقيا والضغط ٧٦٠ م.م

*** (المبحث الحادى والعشرون في تأثير طبيعة الاواني على درجة الغليان) ***

شاهد المعلم غيلوساك أن الماء يغلي في أواني الزجاج على درجة حرارة أكثر ارتفاعا مما في الاواني المعدنية ونسب هذه الظاهرة الى كثرة ميل الزجاج للماء ولما أخذ لدرجة ١٠٠ + حرارة غليان الماء المقطر في اناء من نحاس في ضغط ٧٦٠ م.م ترا وجد أن هذا السائل لا يغلي في دورق من زجاج في الضغط المذكور الا على درجة ١٠١ + واذا نظف الاناء الزجاج بحمض الكبريتيك المتركزا وبالبيوتاسيا أمكن ارتفاع حرارة الماء فيه الى درجة ١٠٥ + بل الى درجة ١٠٦ وعلى العموم اذا وضعت بعض قطع معدنية في قاع الدورق الزجاج كفت لترجيع حرارة الغلي لدرجة ١٠٠ + ومنعت في زمن واحد النقرات الشديدة المصاحبة لغليان الهاليل المحمية أو الحمضية في الاواني الزجاجية

وحارة البخار لا تتأثر بالحرارة التي يكتسبها الماء في الاواني الزجاجية وتكون في ضغط ٧٦٠ م.م ١٠٠ درجة أيضا كما في الاواني النحاسية

*** (المبحث الثانى والعشرون في تأثير عدم وجود الهواء على درجة الغليان) ***

* (٢١٦) *

شوهى هذا في مبحث الاسباب التي تؤثر في تجدد السوائل أنه متى كان الماء خاليا عن الهواء
امكن تأخر درجة تجمده بدرجة درجات وبناء على ذلك فبعدد وجود الهواء في الماء تتغير
أيضا درجة غليانه ودلوك هو أول من نبه على أن الماء المغلي ودهو أو به بالغلي ومختصرا
في دورق من زجاج طويل العنق يمكنه أن يصل الى درجة ١١٢ بدون أن يأخذ
في الغليان

والمعلم دوني درس سنة ١٨٤٦ نفس هذه الظاهرة بواسطة أنبوبة من زجاج ا ب
شكل ١٥٥

شكل
١٥٥

منحنية أحسن الطرفين
وطرفها الثاني منته بكرة
غليظة من زجاج وبأخرى
أصغر منها بكثير منتهية
بطرف دقيق مسحوب
وقبل غلق هذه الكرة
الصغيرة يدخل الماء



في الأنبوبة بنفس عملية الترمومتر الكؤلى وبعد ذلك يغلي زمنا يسيرا الطرد جميع
الهواء من الأنبوبة والكرتين ثم يغلق الطرف المسحوب حينئذ على المصباح فيبقى الماء
في الطرف المنحني ويبقى البخار الضعيف الشدة جدا في أنبوبة ا ب وفي الكرتين فقط
وحينئذ فاذا غمر جزء ا ث الملا آن بالماء في حمام متركز من كلورور الكالسيوم
وسخن بالتدريج وصل الحمام لدرجة ١٣٠ بدون أن يظهر أدي غليان في الأنبوبة
ولم يحصل فيها الغليان فجأة الا على درجة ١٣٨ تقريبا وينتذف الماء في الكرتين
وينكسران اذا لم تكن مقاومتها كافية

ولا يحدث نفس هذه الظاهرة يغطي الماء الفاقدا الهواء بواسطة الغلي بطبقة من الزيت
ويسخن فيصل لدرجة ١٢٣ بدون أن يبتدى في الغلي لكن تحصل ثورة عظيمة
من البخار بها ينتذف جزء من السائل خارج الاناء الحاوي له

* (المبحث الثالث والعشرون في تأثير الضغط على درجة الغليان) *

يعلم من جدول قوة مرونة البخار السابقين أنه في درجة ١٠٠ التي يغلي فيها الماء
المقطر

* (٢١٧) *

المقطر تحت ضغط ٧٦٠ م.م. تكون شدة بخاره مساوية بالضغط لهذا الضغط وهذا القانون عام ويمكن أن يقال حينئذ أن كل سائل يأخذ في الغليان في الزمن الذي فيه شدة بخاره تعادل الضغط الواقع عليه وبناء على ذلك فبإزدياد الضغط أو تناقصه تزيد أو تنقص شدة البخار وكذا الحرارة اللازمة للغليان

ولاجل إثبات انخفاض درجة الغليان متى ضعف الضغط يوضع تحت ناقوس الآلة المفرغة جفنة محتوية على ماء درجته $+ ٣٠$ تقريبا ويفعل التفريغ فيشاهد في الحال أن السائل يأخذ في الغليان بسرعة وهذا ناشئ عن انجذاب البخار بالآلة المفرغة بمجرد تكوينه

ويمكن فعل هذه التجربة بدون مساعدة الآلة المفرغة ولاجل ذلك تؤخذ كرة من الزجاج ويغلى فيها الماء زمنا يسيرا ومتى تحقق أن الأبخرة المتصاعدة جذبت معها جميع هواء الكرة تغلق غلقا محكما وتقلب كما يظهر من شكل ١٥٦

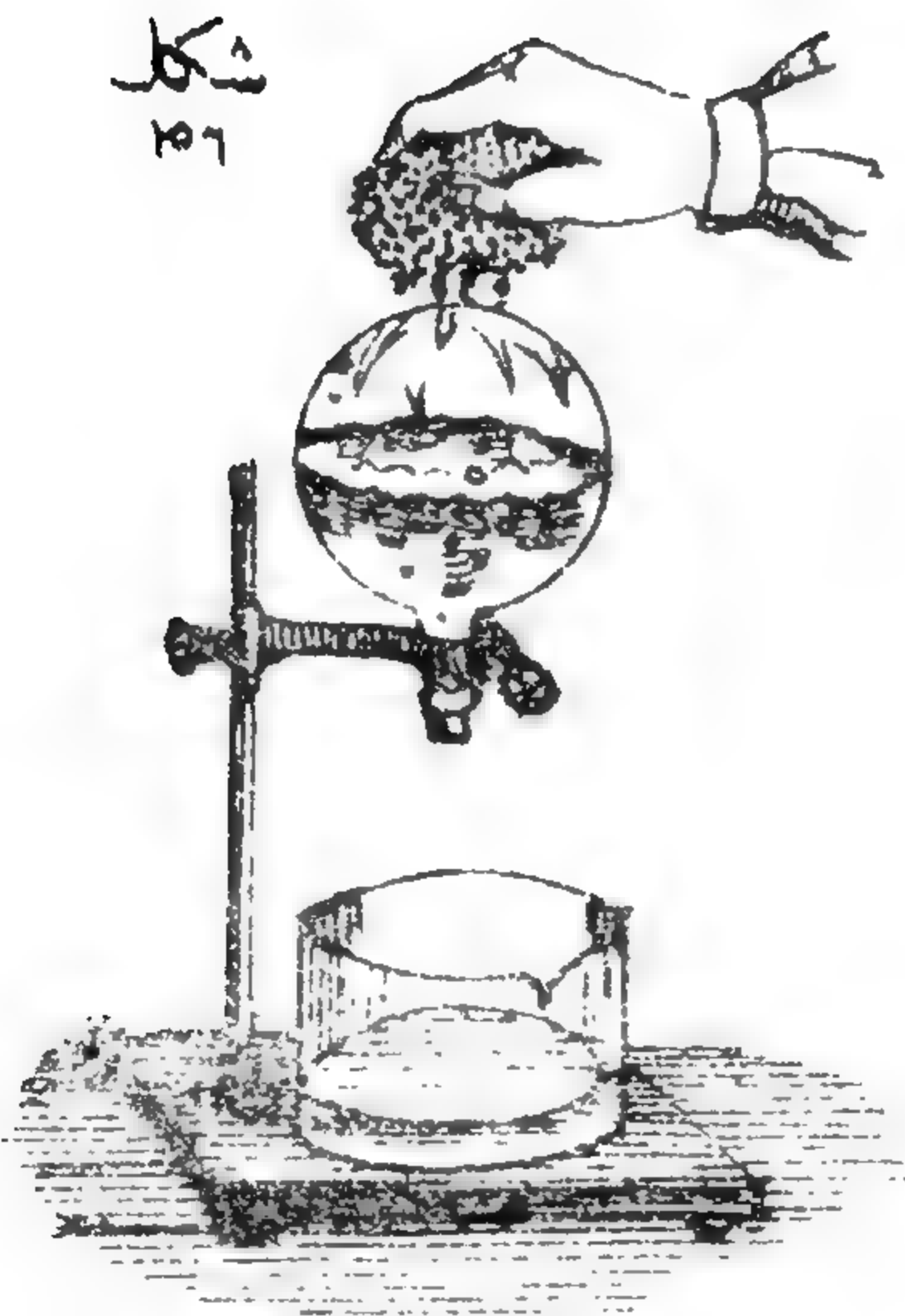
فاذا برتد حينئذ الجزء العلوي من الكرة يصب الماء البارد عليه بنحو اسفنجية تكثف البخار وحدث الفراغ وظهر غليان شديد وبسبب نقص الضغط الجوي على الجبال الشائعة يغلى الماء عليها على درجة أنزل من درجة ١٠٠ فعلى جبل منتو بلانك مثلا يغلى على درجة $+ ٨٤$

واذا زاد الضغط تأخر الغلي فلا يغلى الماء مثلا الا على درجة ١٢٠ م.م. متى صار الضغط قدر ضغط الجو مرتين

* (المبحث الرابع والعشرون في قياس

ارتفاع الجبال بدرجة الغليان) *

الارتباط الموجود بين درجة الغليان والضغط أعطى الوسيلة لقياس ارتفاع الجبال بالتره ومتر بدل قياسه بالبارومتر



* (٢١٨) *

وفي الواقع اذا شوهد أن الماء مثلاً يغلي على درجة ٩٥ على قمة جبل وعلى درجة ٩٨ في قاعدته ويبحث في جدول قوة مرونة البخار عن الشدتين المقابلتين لكل من الدرجتين يوجد عدد من المليمتر بين قوة مرونة البخار وقت تصاعده على قمة الجبل وفي أسفله وبالتبعية بين الضغط الجوي الواقع على الماء وقت الغلي في المحليين ويعرف حينئذ ارتفاع البارومتر على قمة الجبل وفي قاعدته ولا يكون الاستعمال المعادلات التي سبق اعطاؤها لقياس ارتفاع الجبال بواسطة البارومتر

* (المبحث الخامس والعشرون في تولد البخار في انا مغلق) *

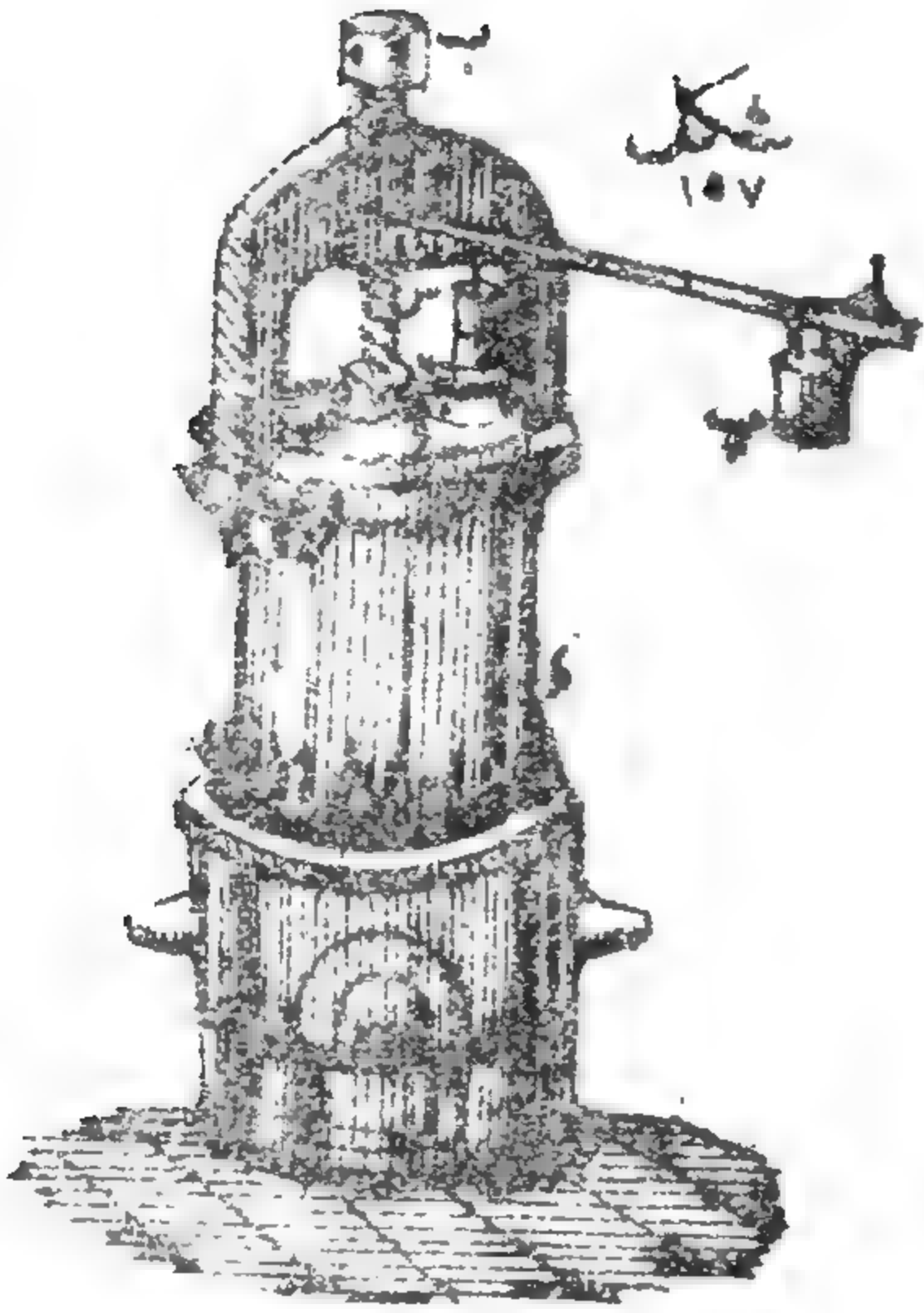
ما ذكرناه الى هنا هو تولد البخار في مسافة غير محدودة فيها يمكنه الانتشار بدون عائق ولا يمكن حصول الغليان الا في هذه الحالة وأما في الاناء المغلق فحيث أن البخار المتولد لا يجد له منفذا يتصرف منه فتزداد شدته وكثافته شيئاً فشيئاً مع ازدياد درجة الحرارة وتصاعده السريع الذي يحدث الغليان يكون معدوماً بالكلية وبناء على ذلك فدرجة حرارة السائل في الاناء المغلق لا تتجاوز درجة غليانه وأما في الاناء المغلق فإنه يمكنها أن ترتفع عن درجة غليانه بكثير ومع ذلك فللمسألة السبولة حد لأنه بمقتضى تجارب كانيارد لا توراذا أدخل الماء أو الكحول أو الاثير في أنابيب متينة من الزجاج وأغلقت على المصباح بعد طرد الهواء منها بالغلي يشاهد أنه بوضع تلك الانابيب على حرارة كافية ياتي زمن فيه يزول السائل بقلية أي يستحيل الى بخار حجمه يخالف قليلاً حجم سائله وقد وجد كانيارد لا تورا حينئذ أن الاثير كبريتيك يستحيل جميعه الى بخار على درجة ٢٠٠ + في مسافة أقل من ضعف حجمه في الحالة السائلة وأن شدته تعادل حينئذ ٣٨ جواً

* (المبحث السادس والعشرون في حالة باين) *

أول طبيب - هي درس نتائج تولد البخار في انا مغلق هو الطبيب باين الفرنسي وأول طبيب - هي درس نتائج تولد البخار في انا مغلق هو الطبيب باين الفرنسي وأول طبيب - هي درس نتائج تولد البخار في انا مغلق هو الطبيب باين الفرنسي وأول طبيب - هي درس نتائج تولد البخار في انا مغلق هو الطبيب باين الفرنسي

ذات

* (٢١٩) *



ذات غطاء يثبت عليها شبيها قويا بواسطة
برمة مضاعفة ب تحفظه مضغوطة على
الحلة قهرا عن قوة مرونة البخار التي تميل
لرفعها ولاجل غلق الجهاز غلقا محكما
توضع أوراق من الرصاص بين حافة
الغطاء وحافة الحلة قبل ضغط الغطاء
بالبرمة وفي قاعدة القناة الاسطوانية
التي تحتها اسطوانة س وفتحة و يكون
الغطاء مثقوبا ثقبين صغيرا معطى بقرص
يتكئ عليه ساق ن وهذا الساق
المار من القناة الاسطوانية والفتحة
يضغط على القرص بواسطة رافعة ا
المتحركة من طرفها آ وبالحلة فوزنة ب

التي تثقل بطول رافعة آ آ تحدث على ساق ن ضغطا يكون أعظم كلما كانت هذه
الوزنة أكثر بعدا من طرف آ بمقتضى خاصية الرافعة وحيث ان الثقل المضاعف
على القرص يمكن تغييره هكذا فيتنظم بحيث متى وصل البخار في داخل الحلة الى شدة
معينة كضغط يعادل ضغط البخار مرات مثلا ارتفع القرص وأعطى منفذا للبخار
وحيثئذ يجب تكسر الجهاز ولهذا يسمى صمام الامن

فاذا ملئت حلة يابين بالماء الى ثلثها تقريرا وأغلقت وسخنت على فرن أمكن وصول
الماء حينئذ الى درجات كثيرة فوق درجة ١٠٠ ويمكن أن تصل شدة البخار الى
ثقل يعادل ثقل البخار خمس مرات أو ستة على حسب الثقل الذي أعطى له صمام
الآلة فاذا فتح الصمام حينئذ تصاعد البخار بصغير وارتفع لعلو عظيم وأخذ
ماء الاناء الذي لم يغل الى الآن حالا في الغليان وانخفضت حرارته الى درجة ١٠٠
وتستعمل حلة يابين لزيادة تأثير خاصية السوائل المذوبة لانها تعطي الوسطة لنقل
السوائل لدرجة حرارة أكثر من درجة حرارة غليانها

* (٢٢٠) *

* (المبحث السابع والعشرون في الحرارة الكامنة للابخرة) *

بمقتضى القانون الثالث من قوانين الغليان وهو: كث حرارة السائل ثابتة مدة جميع زمن هذه الظاهرة يلزم أن يستنتج من ذلك أنه في حالة التصعيد كما في حالة السيجان يوجد اختفاء كمية عظيمة من الحرارة المحسوسة تأثيرها الوحيد إحالة الأجسام من حالة السيولة إلى الحالة البخارية لأن كمية الحرارة هذه لا تؤثر على الترمومتر حيث أن البخار المتصاعد تكون درجة حرارته دائماً مثل حرارة سائله أو أخفض منه بقليل وهذه الحرارة المختفية المسماة بالحرارة الكامنة تتحول من جهة إلى فعل باطنى لتعطي للجواهر الفردة أوضاعاً جديدة ومن جهة أخرى إلى فعل ظاهرى لتعطي للابخرة قوة مرونتها من الاستحالة من حالة السيولة إلى الحالة الغازية

و يوجد دائماً اختفاء أى امتصاص حرارة مهما كانت درجة الحرارة التى تولد البخار فإذا صب سائل طيار كالآثير مثلاً على اليد فإنه يحس ببرودة شديدة ناشئة عن الحرارة الممتصة مدة التصعيد

والحرارة الكامنة الممتصة حينئذ بالبخار يمكن أن تصبح ينبوعاً البرودة شديدة كافية لتجمد الزئبق بل الغازات وسنشاها في مبحث قياس الحرارة الكامنة مدة التصعيد كيفية تعيين مقدار الحرارة الممتصة بالسوائل مدة التصعيد

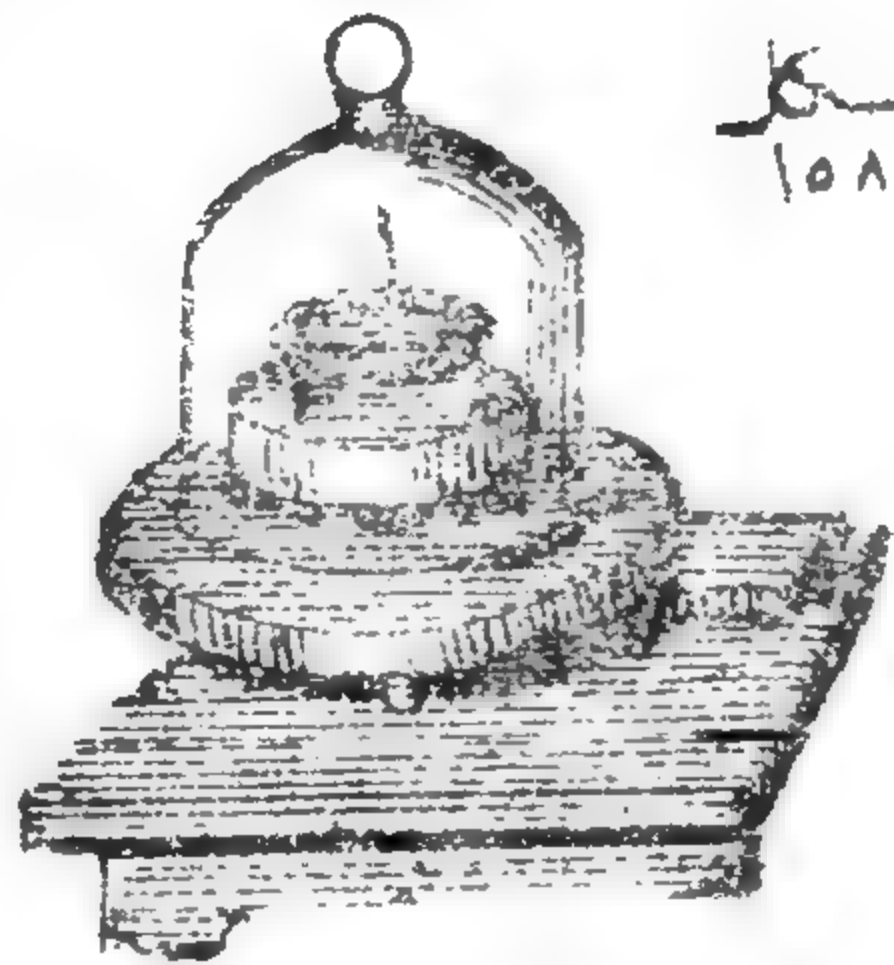
* (المبحث الثامن والعشرون في البرودة النسوية للتصعيد) *

شاهدنا أنه متى صعد سائل امتص بخاره المتصاعد كمية عظيمة من الحرارة وينتج عن ذلك أنه إذا لم يقبل السائل المتصعد كمية من الحرارة مساوية للكمية التى امتصت انخفضت درجة حرارته وكانت البرودة

أكثر كلما كان التصعيد أسرع وقد وصل ليلى إلى تجمد الماء بتأثير التصعيد السريع فقط وذلك أنه وضع تحت ناقوس الآلة المفرغة اناء من زجاج محتوياء على حمض الكبريتيك المركز ووضع أعلاه جفنة صغيرة من معدن أووهو والافق

من خشب الفلين شكل ١٥٨

محتوية



(٢٢١)

محتوية على بعض جرامات من الماء وعمل الفراغ فأخذ الماء في الغليان وحيث ان البخار المتصاعد يمتصه حمض الكبريتيك بجرد تصاعده فيحدث تصاعدا سريع ينشأ عنه تجمد الماء الكاشن في الجفنة

وان كان العمل على سوائل أكثرتاير من الماء خصوصا على حمض الكبريتوز الذي يغلي في درجة ١٠ - حدثت برودة شديدة كافية لتجمد الزئبق وتنفذ هذه التجربة بتغليف كرة من زجاج مملئة من الزئبق بالقطن ثم بعد تدبيرها بحمض الكبريتوز توضع تحت ناقوس الآلة المفرغة ويفعل الفراغ فيتجمد الزئبق حالا وهناك أمثلة أخرى مذكورة في المطولات

والبرودة الناشئة عن التصعيد نافعة في البلاد الحارة لتبريد الماء بواسطة الاواني الفخار الكثرية المسام فبرشح الماء ببطء من مسامها وتصاعده من على أسطحها خصوصا اذا وضعت في ممر الهواء فيحدث البرودة

(المبحث التاسع والعشرون في سيلان الابخرة)

سيلان أو تكثف الابخرة هو استحالة الماء من الحالة البخارية الى حالة السيولة ويحصل ذلك بثلاثة أسباب وهي التبريد والضغط والميل الكيماوي والسيلان الاول يحتاج ان يكون البخار في حالة التشبع وأما السبب الاخير فيحدث سيلان الابخرة ولو كانت كثرة التشتت ولذا ان جملة من الاملاح تمتص كمية البخار القليلة الموجودة في الهواء وتكثفها

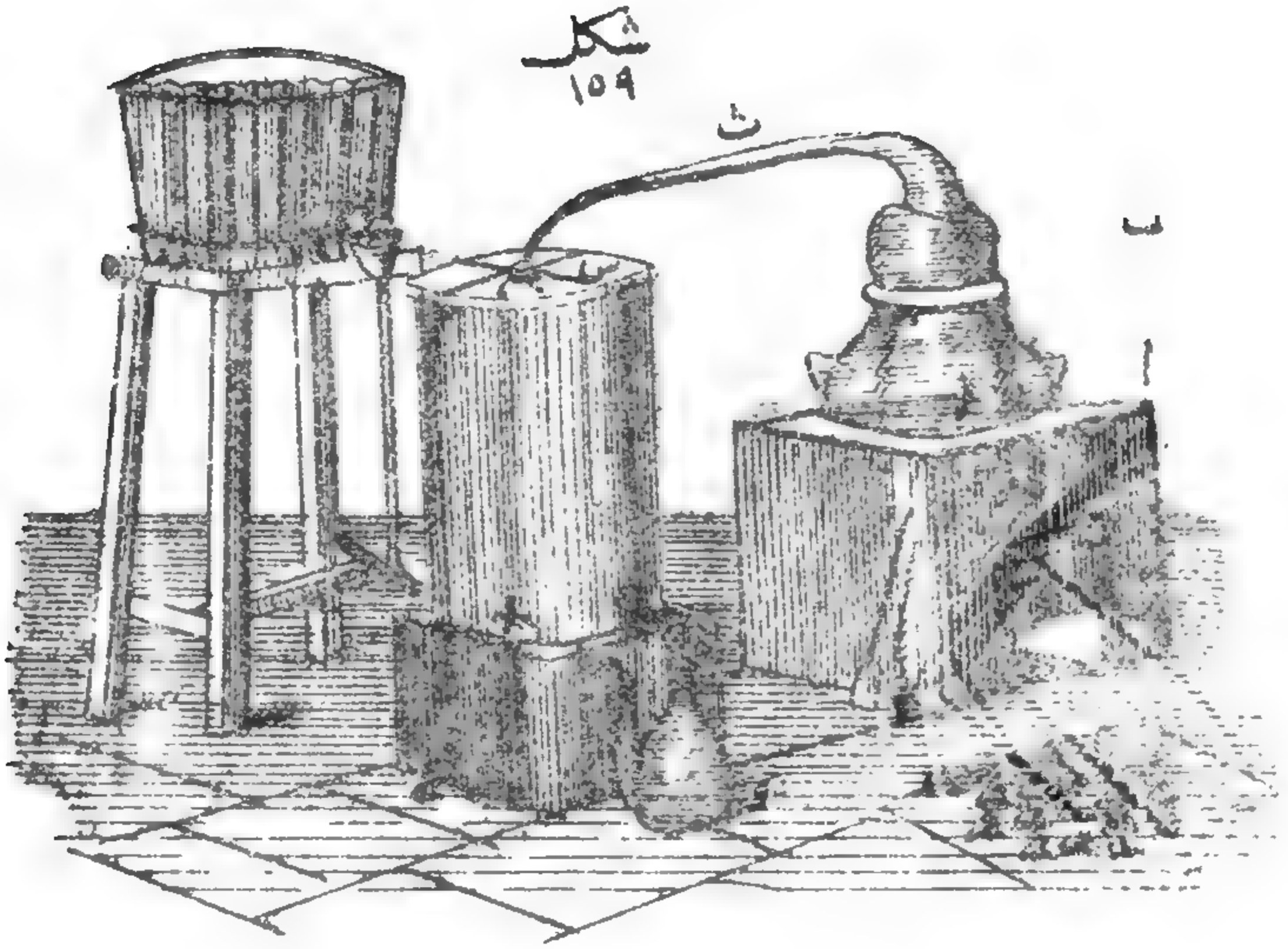
ومتى تكثفت الابخرة ثمخوات الحرارة الشديدة التي كانت متجهة لجواهر السائل مدة التصعيد الى الظاهر أعني تخلصت وصارت محسوسة بالترمومتر وتتحقق بالتجربة وفي الواقع أن الثقل المعلوم من البخار الذي يتكثف يحدث كمية حرارة مساوية بالضبط لكمية الحرارة التي اختفت مدة التصعيد ولا ثبات ذلك ينقذ تيار من البخار درجته ١٠٠ في اناء مملآن بالماء البارد فيسخن الماء بسرعة ويصل حالا لدرجة ١٠٠ ولم يفقد البخار من حرارته المحسوسة شيئا ويقال ان كمية الحرارة التي أعطاها البخار المتكثف تساوي بالضبط كمية الحرارة التي امتصها عند تكونه

(المبحث الثلاثون في التقطير بالانبيق)

التقطير عملية غاية في الفصائل سائل قابل للتطاير عن الاجسام الثابتة المذوب لها أو فصل

* (٢٢٢) *

سائلين غير متساويين في قابلية التطاير وهذه العملية مؤسسة على استحالة السوائل
الى بخار بتأثير الحرارة وعلى تكثف البخار بالبرودة
والجهاز المستعمل للتقطير المسمى بالانبيق يتغير شكله بكيفيات متعددة لكنه
يتركب دائماً من ثلاث قطع متميزة الاولى القزان أو القرعة الشكل ١٥٩



وهو اناء من النحاس الا حراً المقصد يوضع فيه السائل المراد تقطيره ويكون راكبا بجزئه
السفلى على كانون الثانية القبة أو القلنسوة ب التي ترتكز على القزان ويخرج منها
البخار بواسطة عنق جانبي ث الثالثة الثعباني أو الملتوي س وهو أنبوبة طويلة
من القصدير أو النحاس ملفة لفاحلز وبنيا وموضوعة في حوض ملاء بالماء البارد
والقصدير من الثعباني تكثف البخار ببرودته فيه

ولتمثل بتقطير ماء الآبار أو الأنهر لتخلصه من الاملاح المذوب بها التي هي في الغالب
كبريتات الجير وكربونات الجير وكلوروريات فيملاء منه القزان الى ثلثيه تقريبا
ويسخن فيما أخذ الماء في الغليان ويذهب البخار المتصاعد الى الثعباني ويتكثف
فيه ويستقبل الماء المقطر في قباله د وأما المواد الثابتة فانها تبقى في القزان

وحيث

* (٢٢٣) *

وحيث ان البخار المتكثف يسخن ماء المحوض بسرعة فيلزم تجديد هذا الماء على الدوام
أى مدة التقطير والا فلا يحصل التكثف ولا جل ذلك يستعمل قمع يوصل سلسولا
مستمر من الماء البارد الى الجزء السفلى من المحوض والماء المسخن الاقل كثافة
يصعد الى الجزء العلوى ويسيل من أنبوبة مثبتة فى أعلى المحوض
ولا ينبغي ادامة التقطير زيادة بل متى تقطر ثلاثة أرباع الماء المستعمل توقف العملية
وذلك لاجتناب ان يجذب المواد فى حالة الصلابة وتولد مواد طيارة من تحليل المواد
العضوية المحتوى عليها الماء على جدران القزان المسخنة وحض الكاوريايدريك
الذى يحدث من تحليل الكاوريايات بواسطة السليس
والماء المقطر صاف بالكلمة ولا يترك أدنى باقى بعد تطايره لكنه يحتوى دائماً على
مقدار يسير من حمض الكربونيك لان هذا الغاز موجود فى جميع المياه الطبيعية
ينفصل منها بالتقطير ويحتب تصاعدها هذا الغاز بوضع مقدار من الجير فى القزان
فيستخدمه ويمنعه من التصاعد وتتم الكلام على التقطير والامتصاص وأنايب
الامن مذكورة فى المطولات

* (المبحث الحادى والثلاثون فى سيلان الغازات) *

حيث ان الغازات ليست الا بخرة كثيرة التمدد فتكون قابلة مثلها للميوعة لكن
حيث انها بعيدة جداً عن درجة ميوعتها أى كثيرة التشتت فلا يمكن عودها لها الا بضغط
أو تبريد كثير الاعتبار أو قليله فبعض الغازات يكفى لها الضغط فقط أو التبريد وأغلبها
يستعمل له الضغط والتبريد فى زمن واحد والقليل منها يقاوم هذين المؤثرين
المجتمعين وينبغى القول بأن هذه الغازات التى لم تمنع تمكن امانتها اذا عرضت لضغط
وبرودة كافيين فقد امانع دافى وفرادى عدداً كثيراً من الغازات التى كانت تعتبر
خالدة وغاية طريقتهما أن توضع فى أنبوبة من زجاج منحنية كالامص شكل ١٦٠



الاجسام التى بتأثيرها الكيمى اوى تولد
الغاز الذى يقصد ضغطه بحيث تكون
هذه الاجسام منحصرة فى احدى شعبتى
الامص فبمجرد تصاعد الغاز يذهب
فى الشعبة الثانية المغمورة فى مخلوط مبرد
ويضغط نفسه ويميع فيها وبهذه

* (٢٢٤) *

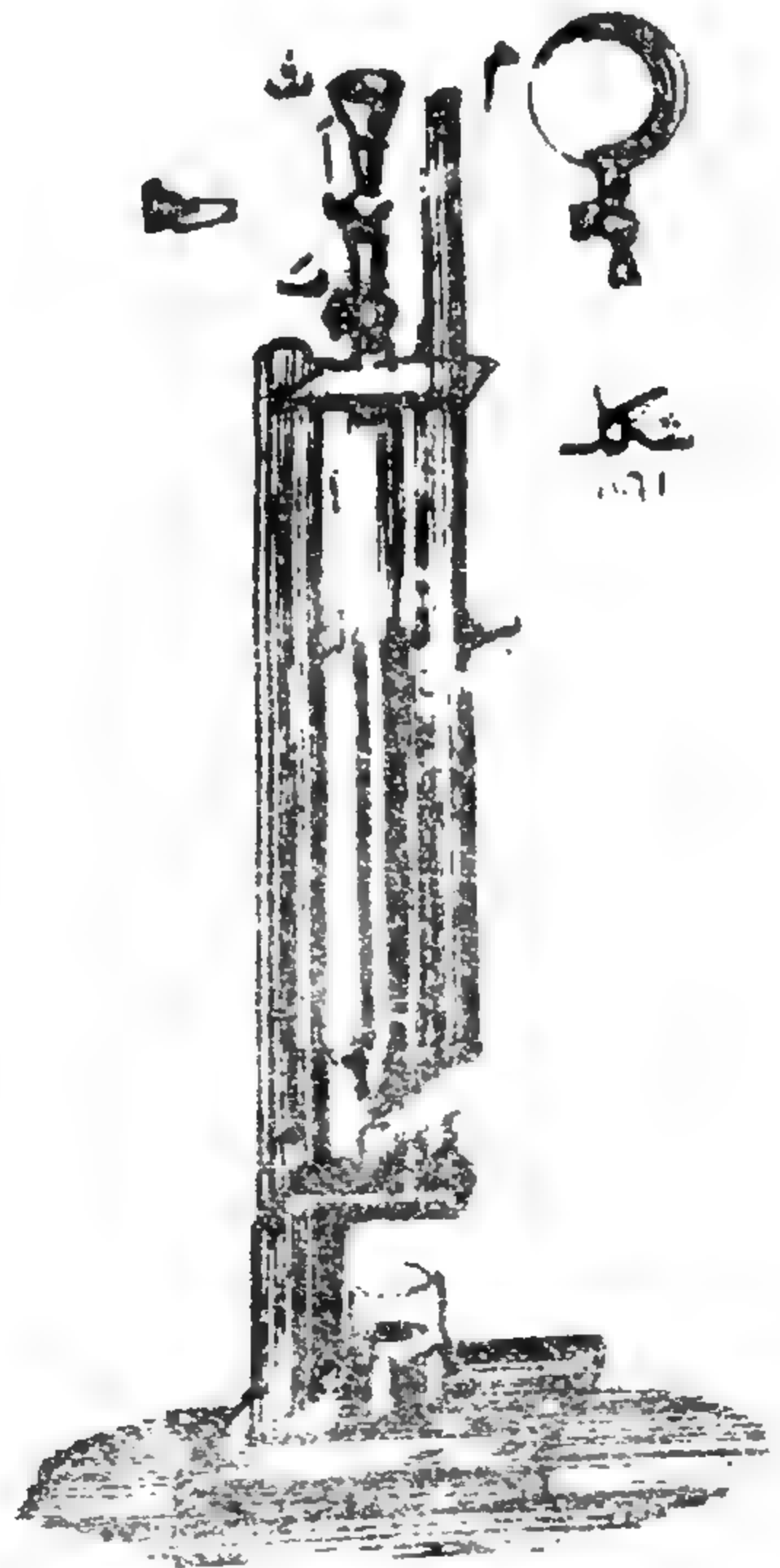
الكيفية أماع الطبيعيان المذكوران الكاور وحض الكبريت ايدريك والنوشار
وحض الكربونيك وبقية الكلام على ميوعة وتصلب حض الكربونيك
وميوعة أول أكسيد الازوت مذكورة في المطولات

* (المبحث الثاني والثلاثون في مخلوط الغازات والابخرة وقوانينه) *

كل مخلوط من غاز وبخار يظهر القانونين الاتيين
القانون الاول أن الشدة وبالتبعية كمية البخار التي تشبع مسافة معلومة يكونان
متساويين على الحرارة المتساوية سواء كانت هذه المسافة محتوية على غازا وفارغة
القانون الثاني أن قوة مرونة المخلوط تساوي مجموع قوتي مرونة الغاز والبخار
المختاطين مع ترجيع الغاز بحجمه الاصل
وهذان القانونان المعروفان بقانوني دالتون يثبتان بواسطة جهاز غيلوساك المتركب
من أنبوبة من زجاج ا شكل ١٦١

مثبت طرفاه بالمصطكي في حنفيتين من
حديد ب و د وحنفية د فتحة تجعل اتصال
أنبوبة أ مع أنبوبة ثانية ب ذات قطر صغير
جدا ومن مسطرة مدرجة موضوعة بين
هاتين الأنبوبتين بهايقياس ارتفاع عمود
الزئبق المنحصر في كل من الأنبوبتين
فقلاً أنبوبة أ بالزئبق الجاف وتغلق حنفيتا
ب و د وتركب على حنفية ب محل قع ث
الكرة الزجاج م المغلقة بحنفيتها الملائمة بالهواء
الجفاف أو بأى غاز وبعد ذلك تفتح الثلاث
حنفيات ويترك جزء الزئبق المستعوض بهواء
الكرة الجفاف يسيل من أنبوبة أ حينئذ
تغلق الحنفيات

وحيث ان الهواء الذي في مسافة ا تمدد عند
خروجه من الكرة وصار في ضغط أقل من
ضغط



ضغط الجوف فانه يعاد اليه ثانيا بصب الزئبق في أنبوبة ب الى أن يصير استواء الزئبق واحدا في الأنبوبين وأخيرا ترفع الكرة بخنقيتها ويوضع بدلها قمع ث المحامل لخنقية أ المخالفة للخنقيات المعتادة بكونها ليست مثقوبة من جهة الى أخرى كالخنقيات المعتادة بل تحمل فقط قناة صغيرة كما تشاهد في ن على شمال الشكل المذكور فاذا صب في قمع ث السائل الذي يقصد تصاعده يعلم على الاستواء ك للزئبق وتفتح خنقية ب وتدار خنقية أ بحيث تتألف قناتها ثم تدار ثانيا ليسقط السائل في مسافة أ ويتصاعد فيها بخارا ويداوم هكذا على سقوط السائل قطرة قطرة الى أن يتشبع الهواء الذي في الأنبوبة بالبخار ويعرف ذلك بانقطاع انخفاض استواء ك للزئبق وحيث ان شدة البخار الذي حدث في مسافة أ انضمت الى شدة الهواء الذي كان فيها فبذلك ازداد حجم الغاز فيرجع الى حجمه الاصل بصب زئبق جديد في أنبوبة ب ومتى ارتفع الزئبق في الأنبوبة الغليظة للاستواء ك الذي كان له ابتداء يشاهد في أنبوبة ب و أ فرق الاستواء ب و الذي يدل على شدة البخار الحادث لان الهواء يرجوعه الى حجمه الاصل لا تتغير شدته

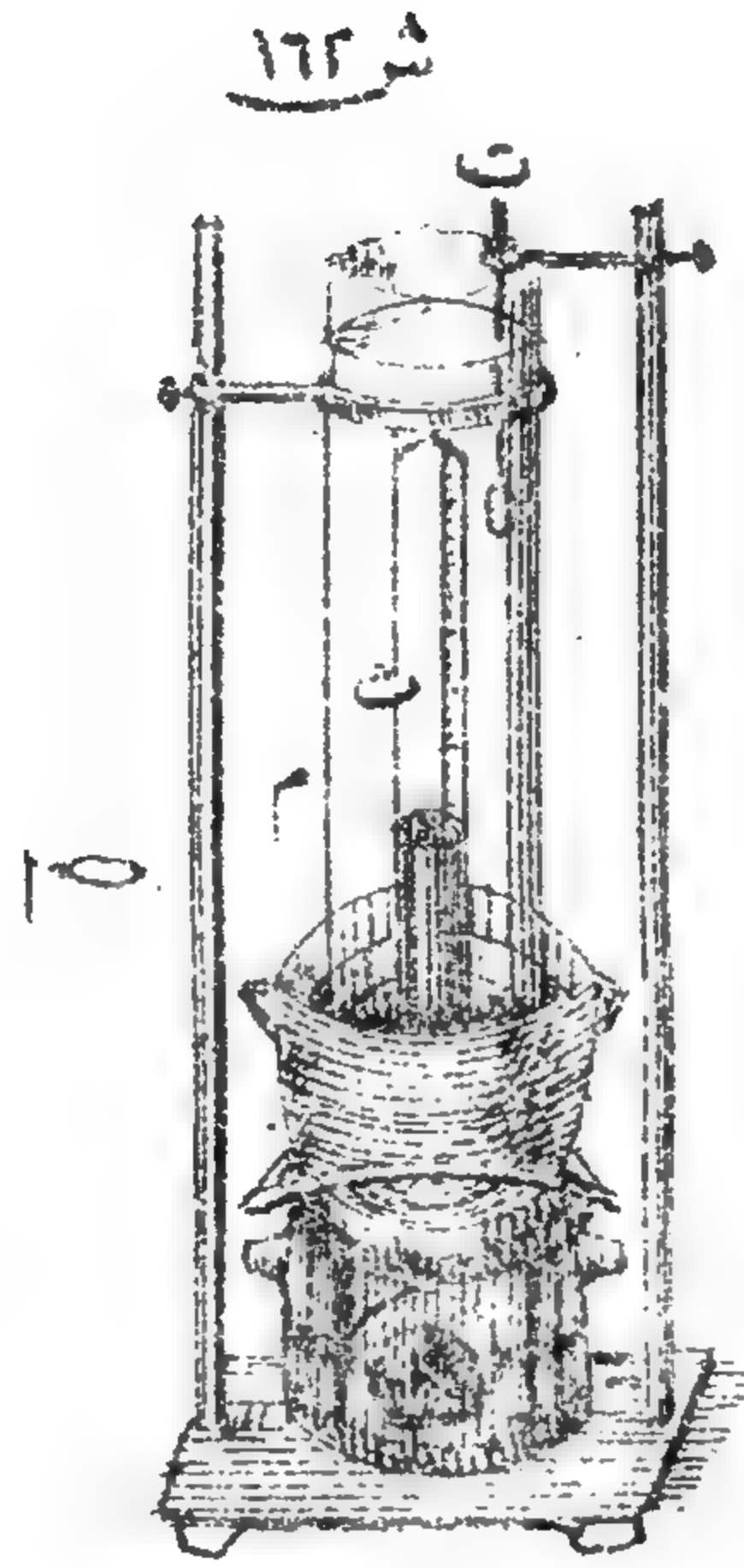
واذا نفذ في فراغ أنبوبة بارومترية بعض نقط من نفس السائل الذي وضع في مسافة أ يشاهد انخفاض مساويا لضبط الى ب و وهذا يثبت أن شدة البخار في حال تشبعه تكون واحدة سواء كان في الغازات أو في الفراغ اذا كانت الحرارة متساوية وأما القانون الثاني فانه يوجد مثبتا بالتجربة المتقدمة لانه متى أخذ الزئبق ثانيا استواءه ك ثم حمل المخلوط ضغط البخار المؤثر على قبة أنبوبة ب زائد ثقل عمود الزئبق ب و وهذا ان الضغطان بين أحدهما شدة الهواء الجاف والآخر شدة البخار والحاصل أن القانون الثاني يمكن اعتباره كنتيجة الاول

* (المبحث الثالث والثلاثون في كثافة الابخرة) *

طريقة غيلوساك كثافة البخار هي النسبة بين ثقل حجم منه وثقل حجم مساو له من الهواء حرارتهما وشدهما واحدة واستعملت طريقتان لتعيين كثافة الابخرة الطريقة الاولى المنسوبة الى غيلوساك هي المستعملة للسوائل التي تغلى أنزل من درجة ١٠٠ أو أعلى منها بقليل والطريقة الثانية المنسوبة الى دوماس تسمح بالعمل على الحرارة التي تصل الى ٣٦٠ درجة تقريبا وشكل ١٦٢

يوضع جهاز غيلوساك وهو يتركب من
حالة من زهر ملائنة بالزئبق مغمورة فيه
غلاف من زجاج مملأ بالماء أو
الزيت تعرف درجة حرارته بواسطة
ترمومتر وفي باطن الغلاف مخبر
مدرجات يملأ ابتداء بالزئبق

ولاجل عمل التجربة بهذا الجهاز يدخل
السائل المراد تصعده في كرة صغيرة من
الزجاج كالهيئة بحرف ا على يمين
الشكل المذكور وتغلق على المصباح
وتوزن وي طرح من الوزن المتحصل وزن
الكرة وهي فارغة فيمتحصل وزن السائل
الكائن فيها حينئذ تدخل الكرة في
مخبر ت ويفعّل التسخين بالتدريج
الى أن يصل ماء الغلاف لحرارة أعلى



من الحرارة التي يغلي بها سائل الكرة ببعض درج فتنفجر الكرة وتتصاعد السائل
المحتوية عليه بخاراً وتخفض شدة البخار الزئبق الذي في المخبر كما يشاهد في
الشكل المذكور ومن المهم أن تكون الكرة صغيرة جداً ليستحيل جميع السائل
الذي وضع فيها الى بخار بمجرد وصول حرارة الحمام لدرجة غليان السائل المذكور
ومع انخفاض الزئبق يكون استواء من ارتفاعا قليلا داخل المخبر من خارجه وهذا يدل على
أنه لم يبق تحت المخبر سائل بدون تصاعد والاصار استواء الزئبق حينئذ واحدا داخل
المخبر وخارجه ويكون من المحقق حينئذ أن ثقل السائل الذي كان في الكرة دال
بالضبط على ثقل البخار المتكون في مخبر ت ويعرف حجم هذا البخار بواسطة
الدرجات الكائنة على المخبر وتعرف حرارته بواسطة ترمومتر وضغطه يساوي
ارتفاع البارومتر ناقص ارتفاع الزئبق الباقي في المخبر

ولم يبق الا حساب ثقل حجم من الهواء مساو لحجم البخار بشرط أن تكون حرارتهما
وضغطهما

* (٢٢٧) *

وضغطهما متساويين ثم فسمه ثقل البخار على ثقل الهواء فنخرج القسمة هو الكثافة أو الثقل النوعي المبحوث عنه

وهذه الطريقة المتبوعة لأجراء هذا الحساب فنرمز بحرف ت لثقل البخار بالحجرات وبحرف ح بحجمه بالليتر وبحرف ت لدرجة حرارته وبحرف ش لارتفاع البارومتر وبحرف هـ لارتفاع الزئبق في البخار ومن ذلك ينتج أن ضغط البخار يكون ش - هـ

فاذا أريد تحصيل ثقل ب حجم الهواء ح في حرارة ت وتحت ضغط ش - هـ نقول حيث أن الليتر من الهواء في درجة الصفر وتحت ضغط ٠.٧٦ مترابزن ١.٢٩٣ جراما فيكون ثقل حجم ح في نفس الضغط وفي الصفر ١.٢٩٣ × ح ولاجل حساب ثقل حجم هـ ساوله من الهواء في درجة ت نرمز بحرف ك لمكررتد الهواء فتصير زيادة الحجم من الصفر إلى درجة ت بنسبة ١ إلى ١ + ك ت ويصير بالعكس نقص الحجم المساوي له ١ - ك ت إلى ١ وحيث أن يكون ثقل حجم الهواء في درجة ت وضغط

$$\frac{1.293 \times ح}{1 + ك ت} \text{ مترا } ٠.٧٦$$

وأخيرا حيث أن ثقل الحجم المماثل له من الهواء متناسب مع الضغط فننتقل من ضغط

$$٠.٧٦ \text{ إلى ضغط ش - هـ بضرب كمية } \frac{1.293 \times ح}{1 + ك ت} \text{ في } \frac{ش - هـ}{٠.٧٦}$$

وهذا يعطى $\frac{1.293 \times ح (ش - هـ)}{1 + ك ت \times ٠.٧٦}$ لثقل ب حجم الهواء ح في ضغط

ش - هـ وفي درجة ت وبناء على ذلك يتحصل للكثافة المبحوث عنها

$$س = \frac{ب}{ب} = \frac{ب (1 + ك ت) \text{ مترا } ٠.٧٦}{1.293 ح (ش - هـ)}$$

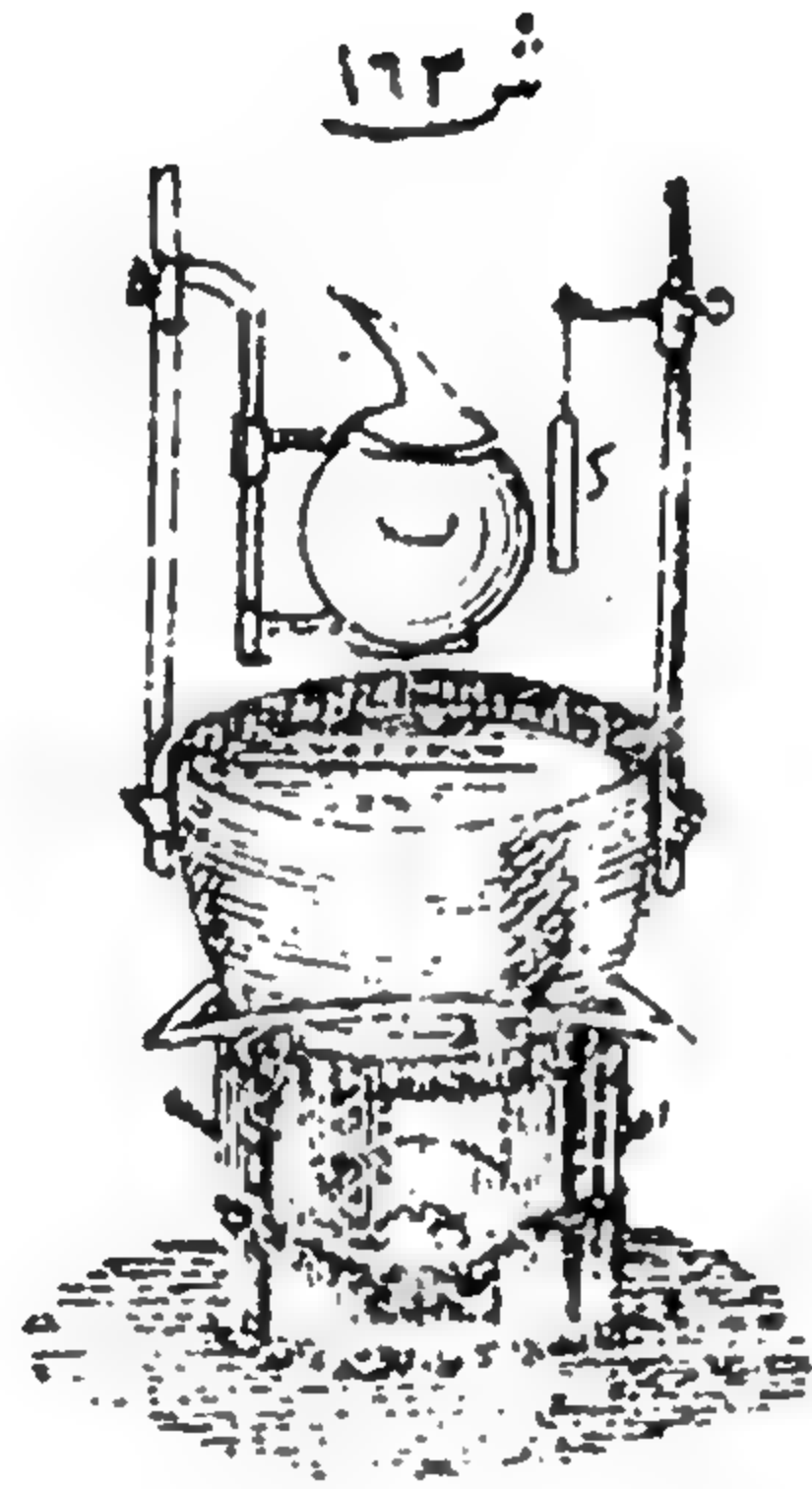
طريقة دوماس الطريقة التي ذكرناها ليست مستعملة للسوائل التي درجة غليانها تزيد على ١٥٠ أو ١٦٠ درجة لأنه يلزم للوصول الزيت السائل في الغلاف لهذه الدرجة تسخين الزئبق السائل في الحلة لدرجة كثيرة الارتفاع عليها تصاعد أبخرة

* (٢٢٨) *

تبقى خطرة الاستنشاق وزيادة على ذلك فانه بانضمام شدة بخار الزئبق في البخار
المدرج مع شدة البخار الواقع عليه التجربة يحصل غلط في التجربة

والطريقة الآتية المنسوبة الى دو ماس تسمح للعمل على حرارة تبلغ الى ٤٠٠ درجة
تقريبا ويتركب الجهاز من كرة من زجاج ب ذات عنق مسحوب كما في شكل ١٦٣

تسع نصف لتر تقريبا وبعد تخفيف هذه
الكرة جيداً فاعلموا وباطناتوزن حينما
تكون ملاءمة بالهواء وهذا الوزن يعطى ثقل
الزجاج وبعد ذلك يدخل فيها من الطرف
المسحوب السائل الذي يراد تصعده ثم تغمر
في حمام ماء متشبع من ملح الطعام أو في حمام
من زيت أرجل البقر أو من مخلوط دارسييه
(المتسكون من جزئين من الهزموت وجزء من
الرصاص وجزء من القصدير ويسيج على
درجة ٩١ +) وذلك على حسب حرارة
غليان السائل الذي في الكرة ثم لاجل تثبيت
الكرة في الحمام يثبت على إحدى أذني
الحلة المحتوية على الحمام قضيب من الحديد
ينزل بطوله حامل من حديد يحمل حلقتين



توضع بينهما الكرة كما يظهره الشكل المذكور ويثبت على الاذن الاخرى قضيب
مثل الاول يحمل ترمومتران قليلا

ومتى غمرت الكرة والترمومتر في الحمام فانه يستخن حتى تصل حرارته أعلى من درجة
غليان السائل الذي في الكرة بقليل فيتصاعد البخار من الطرف المسحوب ويترد
الهواء الذي في الجهاز ومتى تصعد جميع السائل وانقطع تصاعد البخار على هيئة
النافورة يستد طرف الكرة المسحوب على المصباح بواسطة البورى مع الاعتناء بكتابة
درجة الحمام وارتفاع البارومتر في الحال وأخيرا متى بردت الكرة وجففت جيدا
بمسحها بخرقة فانها توزن ثانيا فالثقل ب المتحصل يدل على ثقل البخار المحتوية عليه
الكرة زائد ثقل الزجاج ناقص ثقل الهواء المطرود

ولاجل

ولاجل الحصول على ثقل البخار يلزم أن يطرح من ب ثقل الزجاج ويضاف للباقي ثقل الهواء الذي حمل محله البخار ويسهل ذلك بعد تعيين حجم الكرة ولاجل ذلك يغمر الطرف المسحوب في الزئبق وتكسر نهايته بحجفت صغير وحيث ان البخار تكثف وحدث فراغ في الكرة فانه يتقذف الزئبق في الكرة بتأثير الضغط الجوي ويملأها بالكلية اذا تطرد منها جميع الهواء ثم يصب الزئبق الذي دخل في الكرة في بخار مدرج به لم حجم الكرة في الدرجة الاعتيادية ويستنتج بالحساب بسهولة حجم الكرة في درجة الحما من المسألة السادسة من مسائل التمدد والتبعية حجم البخار في نفس الدرجة ومتى توصلنا بهذه الطريقة كما توصلنا بطريقة غيلوساك الى معرفة ثقل حجم من البخار في درجة حرارة وضغط معلومين فانه يفعل باقى الحساب كما تقدم في طريقة غيلوساك

واذا بقي هواء في الكرة فلا تملأ بالزئبق ام تلاءم الكن حجم الزئبق الذي دخل فيها يدل أيضا على حجم البخار

(كثافة بعض الابخرة بالنسبة للهواء)

هواء	١٠٠٠٠
بخار ماء	٠,٦٢٣٥
بخار كحول	١,٦١٣٨
بخار الاثير كبريتيك	٢,٥٨٦٠
بخار كبريت و الكربون	٢,٦٤٤٧
بخار عطر الترمنتين	٥,٠١٣٠٠
بخار الزئبق	٦,٩٧٦
بخار اليود	٨,٧١٦

(المبحث الرابع والثلاثون في النسبة بين حجم السائل وبخاره)

متى علمت كثافة البخار يستنتج منها بسهولة الحجم الذي يشغله ثقل معلوم من هذا البخار في حالة التشبع وفي حرارة معلومة ولنفرض أن المقصود مثلا إيجاد حجم جرام من بخار الماء في درجة ١٠٠ وفي ضغط ٠,٧٦ مترا فنقول حيث ان كثافة بخار الماء في درجة ١٠٠ بالنسبة لكثافة الهواء هي ٠,٦٢٣٥ فيتحصل ثقل الايتر من بخار الماء في درجة

* (٢٣٠) *

١٠٠ وفي ضغط ٧٦.٠ متر بالبحر عن ثقل ليتر من الهواء في نفس الحرارة والضغط وضربه في ٦٢٣٥.٠ متر وشده في المسألة السادسة من مسائل تمدد الغازات أنه بالرمز بحرف ب لثقل الليتر من الهواء في درجة ت وبحرف ب لثقل حجم مثله في درجة

الصفر وبحرف ك لثقل تمدد الهواء يتحصل ب $\frac{ب}{١ + ك ت}$

وبناء على ذلك فيكون ثقل الليتر من الهواء الجاف في درجة ١٠٠

$$\frac{١,٢٩٣ \text{ جراما}}{١٠٠ \times ٠,٠٠٣٦٧ + ١} = \frac{١,٢٩٣ \text{ جراما}}{١,٣٦٧} = ٠,٩٤٦ \text{ جراما}$$

ويتبع ذلك أن الليتر من البخار المتشبع في درجة ١٠٠ وفي ضغط ٧٦.٠ ينزن ٩٤٦.٠ جراما $\times ٦٢٣٥.٠ = ٥٨٩٨.٠$ جراما ولاجل الحصول على الحجم ف المشغول بجرام من البخار في نفس الحرارة والضغط لا يكون الا خمسة الجرام على ٥٨٩٨.٠ جراما فينتج من ذلك ف $= ١,٦٩٥$ جراما $= ١٦٩٥$ سنتيمترا مكعبا

وباستحالة الماء الى بخار على درجة ١٠٠ وفي ضغط ٧٦.٠ يأخذ حينئذ حجما أكثر من حجمه وهو سائل ١٧٠٠ مرة تقريبا

* (الفصل السادس في الايجرومترى وفيه مباحث) *

الايجرومترى غاية تعيين كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء وهذه الكمية كثيرة التغاير لان الهواء ليس متشبع ببخار الماء خصوصا في الاقطار الباردة ولا جافا بالكيفية والدليل على عدم جفاف الهواء أنه اذا عرّضت له الاجسام التي لها شراعية للماء مثل كلورور الكالسيوم وحيض الكبريتيك وغيرها في كل زمن امتصت بخار الماء

* (المبحث الاول في الحالة الايجرومترية) *

حيث ان الهواء على العموم ليس متشبع بنفس كمية بخار الماء الحالية المحتوى عليها الى الكمية التي يحتوى عليها اذا تشبع مع كون درجة الحرارة واحدة في الحالتين تسمى بالحالة الايجرومترية

ودرجة رطوبة الهواء لا تتعلق بكمية بخار الماء المطلقة الموجودة في الجو بل بهظم أو صغر المسافة

* (٢٣١) *

المسافة التي يوجد فيها الهواء في حالة التشبع فحتى كان الهواء بارداً أمكنه أن يكون
كثير الرطوبة بالقليل من البخار ومتى كان حاراً كان كثيراً بجفاف ولو احتوى على
كثير من البخار فإلى الهواء على العموم مثلاً يحتوى في الصيف على ماء أكثر مما يحتوى
عليه في الشتاء ومع ذلك يكون أقل رطوبة لأنه ما زلنا بارتفاع الحرارة يكون الهواء أكثر
بعداً من درجة تشبعه وكذلك إذا سخن محل فلا تنقص كمية البخار الموجودة
في هوائه بل تنقص درجة رطوبته لأن درجة تشبعه بعدت ويمكن أن يصير الهواء
حينئذ في درجة جفاف مضرّة بالبنية الحيوانية ولذلك يستحسن وضع أوان فيها الماء
على الوجاقات

وباستعمال قانون مريوط للأبخرة الغير متشبعة كاستعماله للغازات كما تقدم في بحث
البخار الغير متشبع ينتج أنه في تساوي الحرارة والحجم يزداد ثقل البخار في المسافة الغير
متشبعة كالضغط وبناء على ذلك فيزداد كثرة نفس هذا البخار ويمكن حينئذ
تعويض مقدار البخار بمقدار القوة المرنة المناسبة له ويقال إن الحالة الأبخير ومترية
للـهـوـاء هي النسبة بين قوة مرونة بخار الماء المحتوى عليه وقوة مرونة البخار الذي يحتوى
عليه إذا تشبع في نفس الحرارة أعني إذا مرنا بحرف ف لشدة البخار المحتوى عليه
الهواء وبحرف ف لشدة البخار المشبع في نفس الحرارة وبحرف و للحالة
لابخير ومترية يتحصل

$$و = \frac{ف}{ف} \text{ وينتج } ف = ف \times و$$

* (المبحث الثاني في أنواع الأبخير ومترات المختلفة) *

الأبخير ومترات آلات تستعمل لتعيين الحالة الأبخير ومترية للهواء واختراع منها عدد
كثير وجميعها يرجع إلى أربعة أنواع أصلية أبخير ومترات كيميائية وأبخير ومترات
الامتصاص وأبخير ومترات التكثف ومقياس الطراوة

* (المبحث الثالث في الأبخير ومتر الكيمياء) *

العمل بالأبخير ومتر الكيمياء غاية تنفذ حجم معلوم من الهواء على جسم له شراعية
للماء كالورور الكاسيوم مثلاً وبوزن الجسم قبل مرور الهواء عليه وبعده توجد

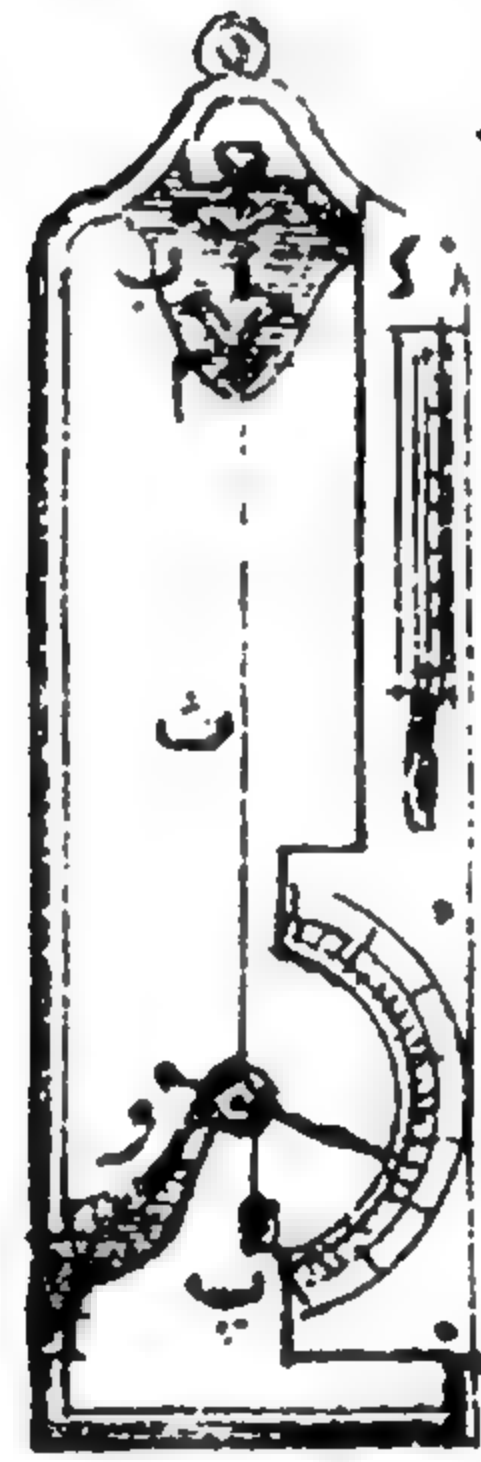
* (٢٣٢) *

زيادة في الوزن هي وزن البخار المحتوي عليه الهواء وكيفية تنفيذ الهواء على حسب
الارادة وتنظيم التجربة مذكورة في المطولات

* (المبحث الرابع في ايجرومتر الامتصاص) *

ايجرومتر الامتصاص مؤسس على خاصية استطالة الاجسام العضوية بالرطوبة
وقصرها بالجفاف واخترت جلة ايجرومترات للامتصاص اكثرها استعمالا هو
الايجرومتر والشعرة او ايجرومتر سوسور ويتركب من براور من نحاس
شكل ١٦٤

معلق فيه شعرة ث التي ازيلت منها المادة
الدسمة ابتداء بواسطة ماء محتوي واحد
من مائة من وزنه من كربونات الصود
ويمكن ازالة المادة الدسمة من الشعرة أيضا
بغمرها في الاثير كبريتيك مدة ٢٤
ساعة كما فعله رينبول فاذا منزل المادة
الدسمة من الشعرة لم تمتص الا قليلا من البخار
وتصير استطالتها ضعيفة جدا بخلاف
ما اذا تخلصت من جميع المادة الدسمة فانها
تستطيل بسرعة بانهتقها من الجفاف الى
الرطوبة



والشعرة ث ممسوكة من طرفها العلوي
بماسك الذي ينضم بالبرمة الضاغطة و
ولاجل توتر الشعرة يرفع ويخفض هذا
الماسك ببرمة ب المثبتة أعلى ا واذا كانت

الشعرة معقودة نتج عنها التواء يجعل الاستطالة غير منتظمة وتلف الشعرة من جزئها
السفلي على أحد ميزاني بكرة و المثبتة فيه ويلف على الميزاب الثاني في اتجاه مصاد
لاتجاه الشعرة خيط من الحرير حامل لوزنة صغيرة ب ومحور البكرة يحمل ابرة تتحرك
على قوس مدرج

فتى

* (٢٢٢) *

ففي قصرت الشعرة رفعت الابرّة بالجذب الذي تحدّثه ومتى استطالت الشعرة فالوزنة
ب هي التي تنخفض الابرّة

ولا جعل تدريج القوس يعلم الصغر في النقطة التي تقف عليها الابرّة على الدرجة
الاعتيادية في الهواء الجاف بالكلية وتعلم ١٠٠ في النقطة التي تقف عليها الابرّة
في الهواء المشبع بخار الماء ثم تقسم المسافة بين هاتين النقطتين ١٠٠ جزء متساوية
وهي درجات الايجرومتر

والصفر أو نقطة غاية الجفاف يتعين بوضع الايجرومتر تحت ناقوس من زجاج يجفف
هواؤه بأجسام كثيرة الشراهية للماء مثل كلورور الكالسيوم أو كربونات البوتاسا
المكلس ففي فقد الهواء رطوبته قصرت الشعرة وأدارت البكرة وأبرتها الكن ببطء
زائد وفي نهاية ١٥ أو ٢٠ يوما فقط تصير الابرّة ثابتة وهذا يدل على أن هواء
الناقوس جف بالكلية فحينئذ يعلم الصغر على القوس في النقطة المقابلة للابرّة
ويتحصّل محل نقطة نهاية الرطوبة باخراج المواد المجففة من الناقوس وبإل جدرانها
بالماء المقطر فيتصاعد هذا الماء بخارا يشبع هواء الناقوس في الحال وتستطيل
الشعرة بسرعة وتدير حينئذ الوزنة الصغيرة الملفوف خيطها على البكرة في اتجاه مضاف
للشعرة الابرّة في ضد الصغر وفي أقل من ساعتين تصير ثابتة فحينئذ تعلم ١٠٠
في النقطة التي تقف عليها

وتبعاً لسور أن الشعرة الموترّة بوزنة تساوي ٣ ديسيجرام تستطيل من الصفر إلى
درجة ١٠٠ $\frac{1}{4}$ من طولها وهو ٥٠ سنتيمتراً تقريباً والشعرا لا شعرة والذي
تكون استطالته أكثر انتظاماً

و يلغى التمدد الذي تكابده الشعرة من تغيرات الحرارة لأنه عرف أن استطالة الشعرة
لا تغير الابرّة إلا $\frac{3}{4}$ من درجة ايجرومترية بتغير حرارة الهواء ٣٣ درجة وبقطع النظر
عن هذا التمدد لضعيف يشاهد أنه مهما كانت الحرارة فإن ابرة الايجرومتر ترجع دائماً
إلى الصفر بالضبط في الهواء الجاف بالكلية وإلى درجة ١٠٠ في الهواء المشبع وثبات
هذه النقطة الأخيرة أظهر أن الشعرة في الهواء المشبع تمتص دائماً كمية واحدة من
الماء مهما كانت درجة الحرارة وكثافة البخار

والايجرومترات ذوات الشعرة تظهر ضرراً كبيراً والمصنوعة بشعر مختلف يمكن أن تتغير

دلالة اجماله درج ولو توافق في النقطتين وزيادة على ذلك فان نفس الايجرومتر الواحد لا يمكن ان يثلاث لنفسه لان الشعرة تستطيل بالشدة المستمرة للوزنة الحاملة لها ولهذا يفضل أن يكون مجموع الدرج بتمامه على وجه ساعة ذا صفر اختياري وتعين عليه زمنا بعد زمن محل نقطة نهاية الجفاف ومحل نقطة نهاية الرطوبة ومع استيفاء هذه الشروط فلا بين ايجرومتر ذي الشعرة أيضا الحالة الايجرومترية للهواء ويلزم أيضا الرجوع الى الجدول الآتي

جدول التصحيح لغيلوساك ظهر من التجربة أن دلالات الايجرومتر ذي الشعرة ليست متناسبة مع الحالة الايجرومترية للهواء لان الابر تبين مثلا ٥٠ درجة التي هي عدد مقابل لوسط التدرج مع أن الهواء بعيد عن كونه نصف متشبع فلزم حينئذ ان يحاد الحالة الايجرومترية المقابلة لكل درجة من الآلة بالتجربة وقد سجل غيلوساك هذه المسألة مستندا على قاعدة أن الابخرة الصادرة عن المحاليل المحيطة أو الحمضية تكون نهاية شدتها أكثر ضعفا في الدرجة الواحدة كلما كانت كمية الملح أو الحمض المذابة كثيرة وهو أنه وضع الايجرومتر ذا الشعرة تحت ناقوس فيه مخلوط الماء وحمض الكبريتيك ولما تشبع الهواء الناقوس عين درجة الايجرومتر ثم لاجل أن يحصل على شدة البخار تحت الناقوس نفذ في فراغ البارومتر بعض نقط من نفس المحلول الحمضي الذي كان تحت الناقوس فعرف حينئذ من انخفاض الزئبق في البارومتر شدة البخار تحت الناقوس حيث ان قوة مرونة البخار في حالة التشبع وفي الحرارة المتساوية تدون واحدة في الفراغ وفي الهواء كما تقدم في مبحث مخلوط الغازات والابخرة ثم بالبحث أخيرا في جدول قوة مرونة البخار عن شدة البخار المتشبع في درجة حرارة الهواء تحت الناقوس تحصل على حدى النسبة التي تبين الحالة الايجرومترية للهواء المقابلة للدرجة المبينة بالايجرومتر وبذكر هذه التجربة بمحاليل حمضية كثيرة التركز أو قليلة في درجة ١٠ + وجد غيلوساك عشرة حدود من الجدول الآتي وباقيه عينه بيوت بواسطة المعادلات

ويظهر من الجدول الآتي أنه في درجة ٧٢ يكون الهواء نصف متشبع وحيث ان ابرة الايجرومتر تقابل في الغالب هذه الدرجة على سطح الارض يستنتج من ذلك أن الهواء يحتوي على نصف البخار (حدا متوسطا) الذي يحتوي عليه اذا كان متشبعًا وفي اقليم فرانسا لا ينزل الايجرومتر أبدا الى درجة ١٠٠ ولو بعد المطر الكثير ويندر

* (٢٣٥) *

صعوده مدة الجفاف الشديد أعلى من درجة ٣٠ ومتى رفع الايجر ومتر في الجو مشى
على العموم جهة صفرة

الحالة الايجر ومترية المقابلة لدرجات ايجر ومتر في الشعرة في درجة ١٠

درجات الايجر ومتر | الحالة | درجات الايجر ومتر | الحالة

الايجر ومترية		الايجر ومترية	
٠,٣١٨	٥٥	٠,٠٠٠	٠
٠,٣٦٣	٦٠	٠,٠٢٢	٥
٠,٤١٤	٦٥	٠,٠٤٦	١٠
٠,٤٧٢	٧٠	٠,٠٧٠	١٥
٠,٥٠٠	٧٢	٠,٠٩٤	٢٠
٠,٥٣٨	٧٥	٠,١٢٠	٢٥
٠,٦١٤	٨٠	٠,١٤٨	٣٠
٠,٦٩٦	٨٥	٠,١٧٧	٣٥
٠,٧٩١	٩٠	٠,٢٠٨	٤٠
٠,٨٩١	٩٥	٠,٢٤١	٤٥
١,٠٠٠	١٠٠	٠,٢٧٨	٥٠

وكان جدول التدرج الفيلوساك مستعملا في جميع الايجر ومترات ذوات الشعر
لكن عرف رينبول أن دلالات هذه الآلات تتغير بتغير أصل الشعر ولونه ودقته
وكيفية ازالة المادة الدهنية منه بحيث يلزم لأجل الحصول على دلالات مضبوطة
جدول مخصص لكل ايجر ومتر وهذا يؤدي الى صعوبة استعمال هذه الآلات

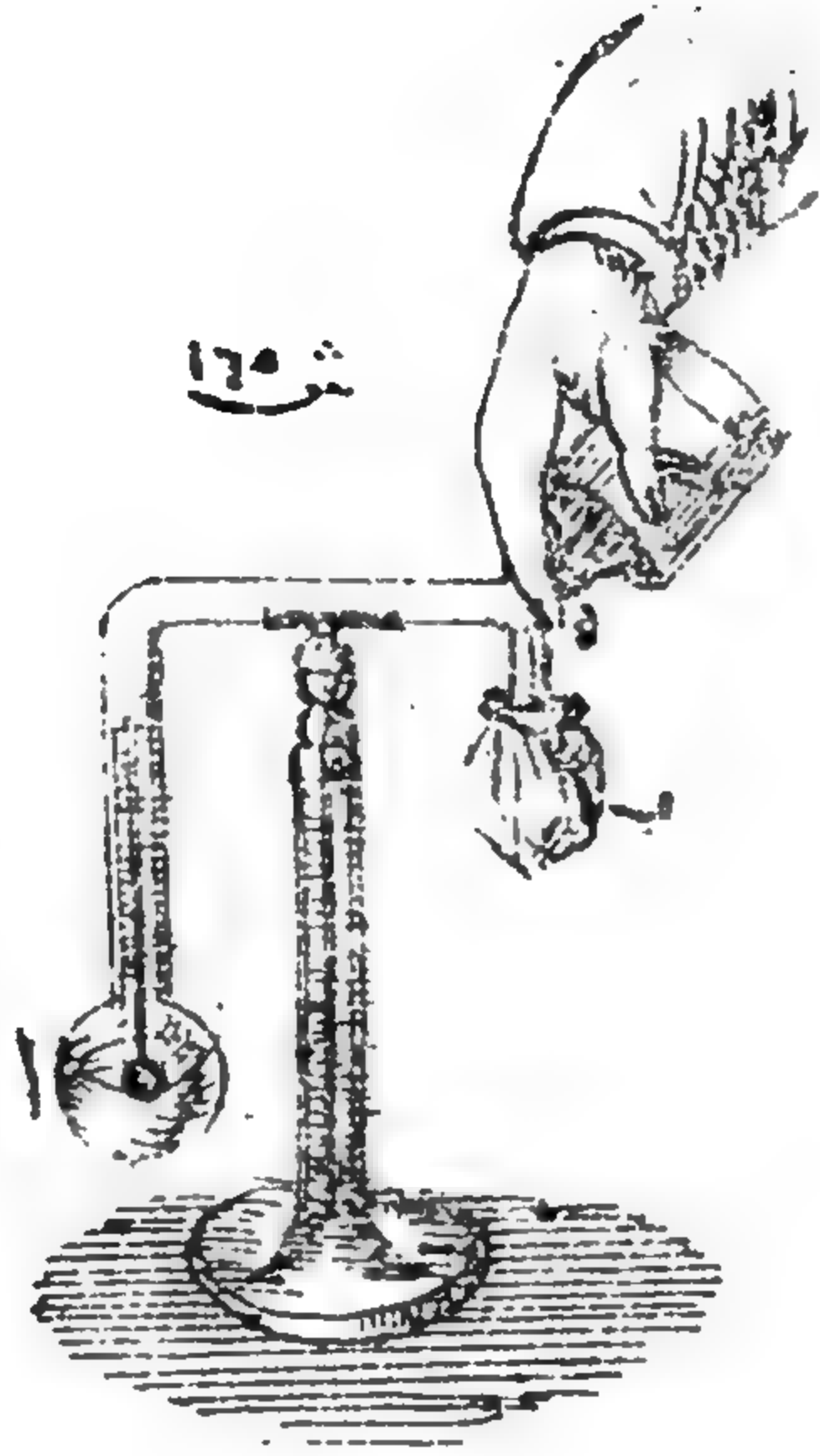
* (المبحث الخامس في ايجر ومترات الكائف المنسوب الى دانيال) *

ايجر ومترات الكائف آلات تعرف بها الدرجة التي فيها يصير البخار المحتوى عليه
الهواء كافيا لتشبعه ببرودته وهما ايجر ومتر دانيال وايجر ومتر رينبول

فايجر ومتر دانيال يتركب من كرتين من الزجاج منضمتين بانبوبة منحنية انحنائين كما

في شكل ١٦٥

وكرة ١ ملآن ثلثها بالاتير ومغمور
فيه ترمومتر صغير منحصر في الانبوبة
والكرتان والانبوبة خاليان بالكلية
عن الهواء ويتحصل ذلك بغلي الاتير
الذي في كرة ١ حينما تكون كرة ب
مفتوحة ثم تغلق كرة ب على
المصباح متى تحقق أن أبخرة الاتير
جذبت جميع الهواء بشرط أن لا
تحتوي الانبوبة وكرة ب الاعلى
بخار الاتير فاذا غلفت كرة ب
بالقماش الرفيع المسمى بالموصلي
وصب عليها من الاتير نقطة فنقطة
بردت الكرة عند تطاير هذا السائل
وتكثف البخار المحتوية عليه وحيث
ان الشدة الداخلية نقصت حينئذ



فيعطى اتير كرة ١ حالا أبخرة جديدة تأتي وتتكثف أيضا في الكرة الاخرى وهكذا
وبتقطير السائل هكذا من الكرة السفلى الى الكرة العليا يبرد الاتير الذي في الكرة
السفلى ويبرد معها الهواء الملامس لها وياتى زمن يصل فيه لدرجة يكون فيها بخار
الماء المحتوى عليه كافيا لتشبعه وهذا البخار يتكثف حينئذ ويشاهد رسوب
طبقة من الندى حلقية الشكل على كرة ١ محيطة بسطح السائل ويبين الترمومتر
السفلى في هذا الوقت درجة حرارة تشبع الهواء المحيط بالسائل

ولاجل الحصول على هذه الدرجة بالتقريب تلاحظ الحرارة في الزمن الذي يزول فيه
البخار الاسبب بالتسمين ثانيا و يؤخذ المحلول المتوسط بين هذه الحرارة وحرارة الرسوب
والاوفق أن يكون الايجرومتر مدة هذه التجربة موضوعة في تيار من الهواء على شبك
مفتوح مثلا ليدون تصاعد الاتير من على القماش أكثر سرعة وتعلم حرارة الهواء
بواسطة ترمومتره وضوع على نفس حامل الجهاز

(٢٢٧)

ومنى عرفت بواسطة ايجرومتر دانيال درجة الحرارة التى يصير فيها الهواء متشبعاً
تستخرج منها الحالة الايجرومترية ولاجل ذلك يلاحظ أنه متى انخفضت الحرارة فى
مسافة خالصة محتوية على هواء وبخار فى الضغط الجوى تبقى قوة مرونة البخار ثابتة لمحد
درجة التشبع. وفى الواقع أن قوة مرونة المخلوط تساوى لمجموع قوى مرونة كل من
الغاز والبخار كما تقدم فى مخلوط الغازات والابخرة. وحيث أن مدة برودة الهواء
تبقى شدته ثابتة وتزداد كثيراً بنقص الحجم الذى يتناقص بانخفاض الحرارة وكذلك
شدة البخار أيضاً فانها يلزم أن تبقى ثابتة لأن قوة مرونة المخلوط تبقى ضرورة مساوية
لضغط الجو بعد البرودة كقبلها وبناء على ذلك فتنبرد الهواء تبقى شدة البخار المحتوى
عليه ثابتة لمحد درجة التشبع وفى هذه الدرجة تكون هذه الشدة عين ما كانت قبل
التبريد

وبمقتضى هذه القواعد اذا بحث فى جدولى قوة المرونة من الشدة فى المقابلة لحرارة
درجة تكون الندى تصبح الشدة بالضبط عين الشدة التى لبخار الماء الكائن فى الهواء
زمن التجربة واذا بحث حينئذ فى نفس الجدولين عن الشدة فى للبخار المتشبع فى حرارة
الهواء بين فاصحة الشدة فى على الشدة فى الحالة الايجرومترية للهواء مثال ذلك اذا
كانت حرارة الهواء ١٥ درجة وفرض أن ترمومتر كره ١ بين ٥ درجات زمن تكون
الندى فبالبحث فى جدولى قوة المرونة عن الشدة المقابلة الى ٥ درجات والى ١٥
درجة يوجد فى يساوى ٦,٥٣٤٠ من المليمتر وفى يساوى ١٢,٦٩٩ من المليمتر

وهذا يعطى ٥١٤ . بنسبة فى الى فى أو الحالة الايجرومترية

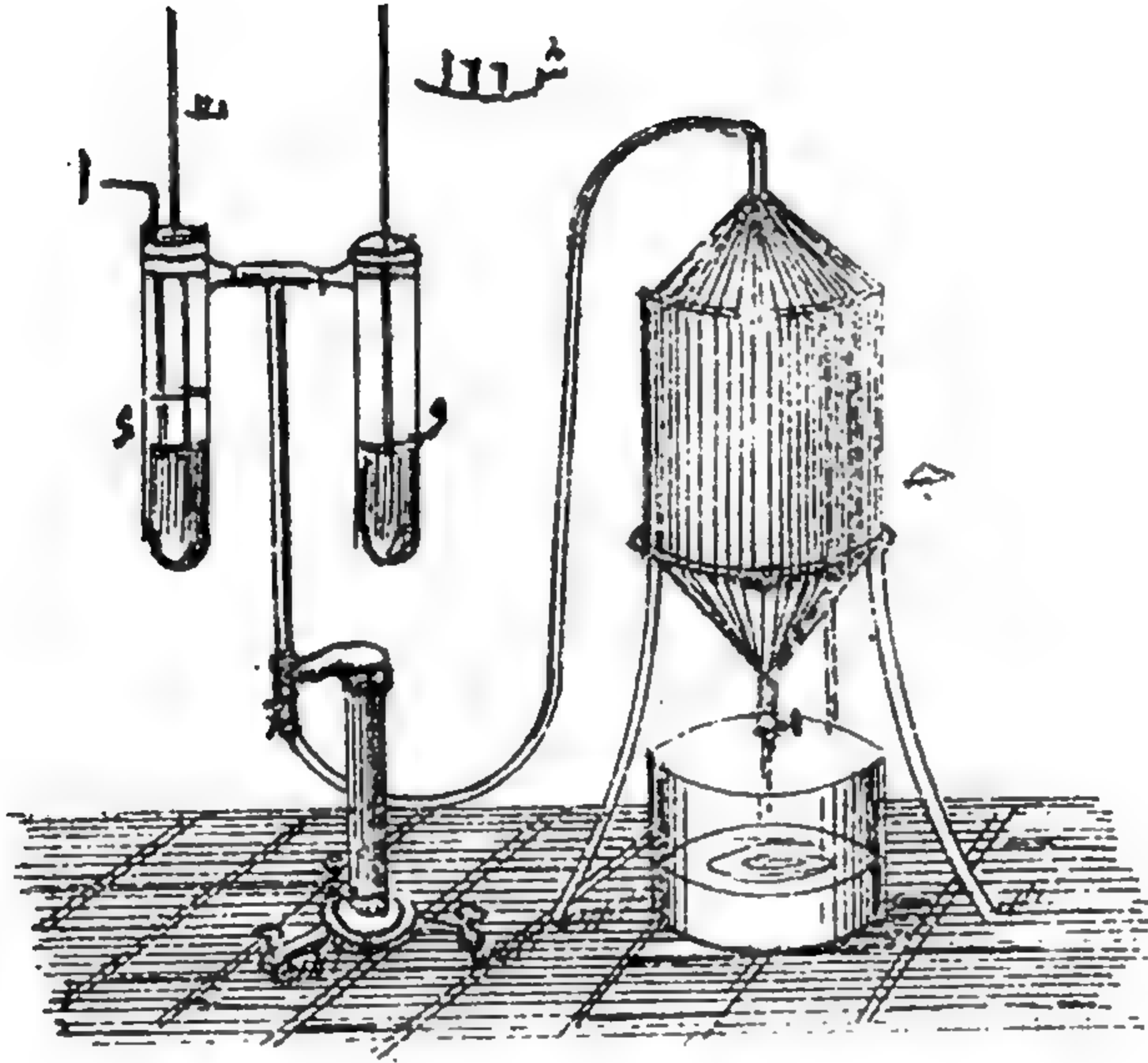
وايجرومتر دانيال يظهر عدة أسباب مغلفة الاوّل أن التصعيد من على كره لا يبرد
الاسطح السائل فلا يعطى الترمومتر المغمور حرارة درجة تكون الندى بالضبط الثانى
أنه بجاورة الشخص المكابد العمل للجهاز تنوع الحالة الايجرومترية للهواء المحيط به
كما تنوع حرارته

(المبحث السادس فى ايجرومتر رينبول)

صنع رينبول ايجرومتر تكافئ لا تظهر فيه أسباب الغلط التى فى ايجرومتر دانيال

* (٢٣٨) *

ويتركب من مخبرين صغيرين من فضة رقيقى الجدران ومصقولين ارتفاع كل منهما
٤٥ ميليمتر وقطرهما ٢٠ كفى شكل ١٦٦



ومنظم فى هـ - تين المخبرين أنبوبتان من زجاج و كلاًهما محتو على ترمومتر
كثير الاحساس مثبت بواسطة سداة و نافذ فى سداة أنبوبة و أنبوبة المفتوحة
الطرفين و واصل الى قاع المخبر وأنبوبة و هذه متصلة بالجاذب الملائم بالماء
بواسطة قائمة الحامل و بأنبوبة من الرصاص و أنبوبة و الغير متصلة بالجاذب محتوية
على ترمومتر معد لمعرفة حرارة الهواء من التجربة فقط

ولا جل تشغيل الايجرومتر يصب الاثير فى أنبوبة و الى نصفها تقرىباً ثم تفتح حنفية
الجاذب فيسيل الماء المائى له و يتخلل الهواء الكائن فى أنبوبة و ثم بتأثير ضغط الجو
يدخل حينئذ الهواء من أنبوبة لكن حيث ان الهواء لا يمكنه النفوذ فى أنبوبة و ولا

فى

* (r r q) *

في المجاذب البحرية من وسط الاثير فيصمد جزأ منه ويبرد حيث تذب سرعة زائدة كلما كان سيال الماء سريعا وياتي زمن تحدث فيه البرودة رسوب الندى على المنابر كما تحدثه في البحر ومتردانيال وباعطاء ترمومتر حيث تذا الحرارة المقابلة تحصل القواعد الضرورية لحساب المحالة الى البحر ومترية وفي هذه الاكلة يكون جميع كتلة الاثير في درجة حرارة واحدة بسبب التحريك الذي يحدثه فيها تيار الهواء وزيادة على ذلك فان المشاهدات تحصل من بعد بواسطة النظارة وبهذه الكيفية يبعد كل سبب مغاير

* (المبحث السابع في الايسير ومترأى مقياس الطراوة) *

الايديسيكر ومترا المعروف بمقياس الطراوة معد كالايجرو مترا معرفة درجة رطوبة
الهواء وينسب اخـ تراعه الى ليلى لـ كن أوجوست في بيرلنت هو الذي أعطاه
الوضع الآتي في شكل ١٦٧

ويتركب من ترمومترين ا ر ب متوازيين
مثبتين على لوح من النحاس بينهما أنبوبة ث
محتوية على الماء المقطر والمستودع ب مغلف
بالشاش الرفيع المعروف بالموصل وفتيلة من
القطن خارجة من الطرف السفلي لأنبوبة ث
توصل الماء للشاش بحيث يبقى مبتلا فيه مجرد
برودته بالتصعيد الذي يحدث على سطحه بين
ترمومتر ب بالضبط حرارة تـ تكون أكثر
انخفاضاً من حرارة ترمومترا كلما كان التصعيد
سريعاً عـ نى كلما كان الهواء أقل رطوبة
ومن ذلك تستنتج الشدة س للبخار الكائن
في الهواء المحيط بواسطة هذه المعادلة

$$(۱) \frac{ف - سة}{ش} = (ت - تَ)$$

* (٢٤٠) *

غاية شدة البخار في T ونش. ضغط الجو R ك مكررا لتمدد الغاز محدود
وفي معادلة (١) بين الحد الأول الحرارة التي يقبلها الترمومتر المندي المناسبة
بمقتضى قانون نيوتن الآتى لفرق $T - T_0$ والحد الثاني بين الحرارة الفاقدة
بالتصعيد التي هي تعالداً t ونسبة طردية لفرق $T - T_0$ ونسبة عكسية
الى T ومتى أخذ الترمومتر المندي حرارة ثابتة T كان مقدار الحرارة التي يفقدها
والتي يقبلها ضرورة متساويا

وهذا هو الذي يعطى المعادلة (١) ولأجل استعمال هذه المعادلة يلزم ابتداء تعيين R
ولأجل ذلك يقدر R بواسطة الجبر ومتررينيول وتوضع القيمة الموجودة حينئذ في محل
 R من معادلة (١) وهذه المعادلة تعطى قيمة R التي بنقلها في نفس المعادلة
تصيرها صالحة لمعرفة قيمتي R المقابلتين لقيمتي T و T_0 المختلفتين المتحصلتين
بمشاهدة الأيسر ومتر

ومع ذلك فقد أثبت رينيول أن R يتغير من ٧٥.٠٠٠ إلى ١٣٠.٠٠٠ على
حسب كون الهواء جافاً تقريباً أو رطباً وأن مكررا لتمددهذا يختلف أيضاً على حسب
تجدد الهواء وعلى حسب كون الأيسر ومتر موضوعاً في الهواء النخالص أو المنحصر
وينتج من ذلك أن الدلالات المتحصلة بهذه الآلة غير أكيدة الضبط أعني فيها
بعض خلل

* (المبحث الثامن في مسائل الأيسر ومترى) *

المسألة الأولى في معرفة نقل بخار الماء المحتوى عليه الحجم من الهواء H في درجة T
والأيسر ومتر ذو الشعرة مابين لدرجات M و N كثافة البخار ρ بواسطة جدول
غيلوساك المتقدم توجد الحالة الأيسر ومترية والمقابلة لدرجات M من الأيسر ومتر
وفي جدول قوة المرونة توجد الشدة S للبخار المتشبع في درجة T ومن ذلك ينتج
أن المساواة $F = F_0 \times$ و المتقدمة في الحالة الأيسر ومترية تعرفنا قوة مرونة F
للبخار المبحوث عن نقله

إذا

* (٢٤١) *

اذا تقرر ذلك فالليتر من الهواء في الصفر وفي ضغط ٧٦ ، الذي ثقله ٢٩٣ ، ١

جراما يكون ثقله في درجة ت وفي ضغط ف $\frac{١,٩٣ \text{ جراما} \times \text{ف}}{٧٦ (١ + \text{ك ت})}$ كما تقدم في المسألة

الخامسة من تمدد الغازات ويتبع ذلك أن الليتر الواحد من البخار الذي كثافته $\frac{٩}{٨}$ يزن

في نفس الحرارة وفي نفس الضغط $\frac{٢٩٣, ١ \times \text{ف} \times ٥}{٨ \times ٧٦ (١ + \text{ك ت})}$ وحيث أنه يكون ثقل

البخار الموجود في ح ليتر من الهواء في درجة ت والحالة الايجرومترية

كائنة و $\frac{٢٩٣, ١ \times \text{ح} \times \text{ف} \times ٥}{٨ \times ٧٦ (١ + \text{ك ت})}$ قيمة لا تتعلق بضغط الجو

المسألة الثانية في معرفة الثقل ت لمجم من الهواء الرطب ح الذي حالته الايجرومترية تكون و والحرارة ت والضغط ش وكثافة البخار بالنسبة للهواء $\frac{٩}{٨}$

لاجل حل هذه المسألة يلزم ملاحظة أن الحجم المعلوم من الهواء ليس (بمقتضى القانون الثاني من خايط الغازات والابخرة) الا مخلوط من ح ليتر من الهواء الجاف في درجات ت وفي الضغط ش ناقص ضغط البخار ومن ح ليتر من البخار في درجات ت وفي الشدة المعلومه بالحالة الايجرومترية ويكون حيثما المقصود ايجاد ثقل كل من الهواء والبخار على انفراد

وحيث ان هذا المعادلة المعروفة ف = ف × و تستخدم لمعرفة الشدة ف للبخار الذي في الهواء حيث و تكون معلومة و ف توجد في جدول في قوة المرونة ومتى علمت الشدة ف و رمزنا بحرف و لشدة الهواء فيحصل ف + و = شه ينتج و = شه - ف = شه - ف و

والمسألة حيث تعرفت الثقل ح ليتر من الهواء الجاف في درجة ت وفي الضغط

ش = ف و ثم الثقل ح ليتر من البخار ايضا في درجة ت لكن في الضغط ف و

والمعلوم أن ح ليتر من الهواء الجاف في درجة ت وفي الضغط ش = ف و يزن

$$\frac{٢٩٣, ١ \text{ ح} (ش - ف)}{٧٦ (١ + \text{ك ت})}$$

* (٢٤٢) *

وشهد في المسألة الأولى أن ح ليرات من البخار في درجة ت وفي ضغط ف ويزن
 $\frac{٢٩٣, ١ \times \text{ح} \times \text{ف} \times ٥}{٨ \times ٧٦ (١ + \text{ك ت})}$ وأخيرا يجمع الثقلين المتحصلين واختصارهما

$$\text{يتحصل ت} = \frac{٢٩٣, ١ \times \text{ح} (\text{ش} - \frac{\text{ف}}{٨})}{٧٦ (١ + \text{ك ت})} \quad (١)$$

المسألة الثالثة المطلوب أن يعرف في درجة ت وفي ضغط ش الحجم لتقل الهواء ت
 الذي حالته الايجرومترية تكون د وكثافة البخار $\frac{٥}{٨}$ ونهاية الشدة ف في درجة
 ت معلومة من جدول قوى المرونة

وهذه المسألة تحل بالنسبة الى ح معادلة (١) من المسألة المتقدمة

$$\text{فيوجد ح} = \frac{\text{ت} (١ + \text{ك ت})}{٧٦} \times \frac{٢٩٣, ١ (\text{ش} - \frac{\text{ف}}{٨})}{(ب)} \quad \text{ويمكن حل هذه}$$

المسألة مباشرة بكيفية مذكورة في المطاولات

* (الفصل السادس في الكالوري متری وفيه مباحث) *

(المبحث الأول في القصد من الكالوري متری)

القصد من الكالوري متری قياس كمية الحرارة التي تفقدها الاجسام أو تكتسبها متى
 انخفضت درجة حرارتها أو ارتفعت عدد ما معلوم من الدرج أو متى تغيرت حالتها ولا
 يمكن قياس الكمية المطلقة للحرارة المفقودة أو المكتسبة بحجم بل الكمية النسبية فقط
 أعني النسبة بين الكمية المطلقة المفقودة أو المكتسبة بحجم والكمية التي يفقدها أو
 يكتسبها جسم آخر يحدث نفس الفعل والجسم الذي انتخب حدا للقابلية هو الماء
 وأخذت لوحد الحرارة كمية الحرارة اللازمة لرفع حرارة كيلو جرام واحد من الصفر الى
 درجة واحدة فوق الصفر

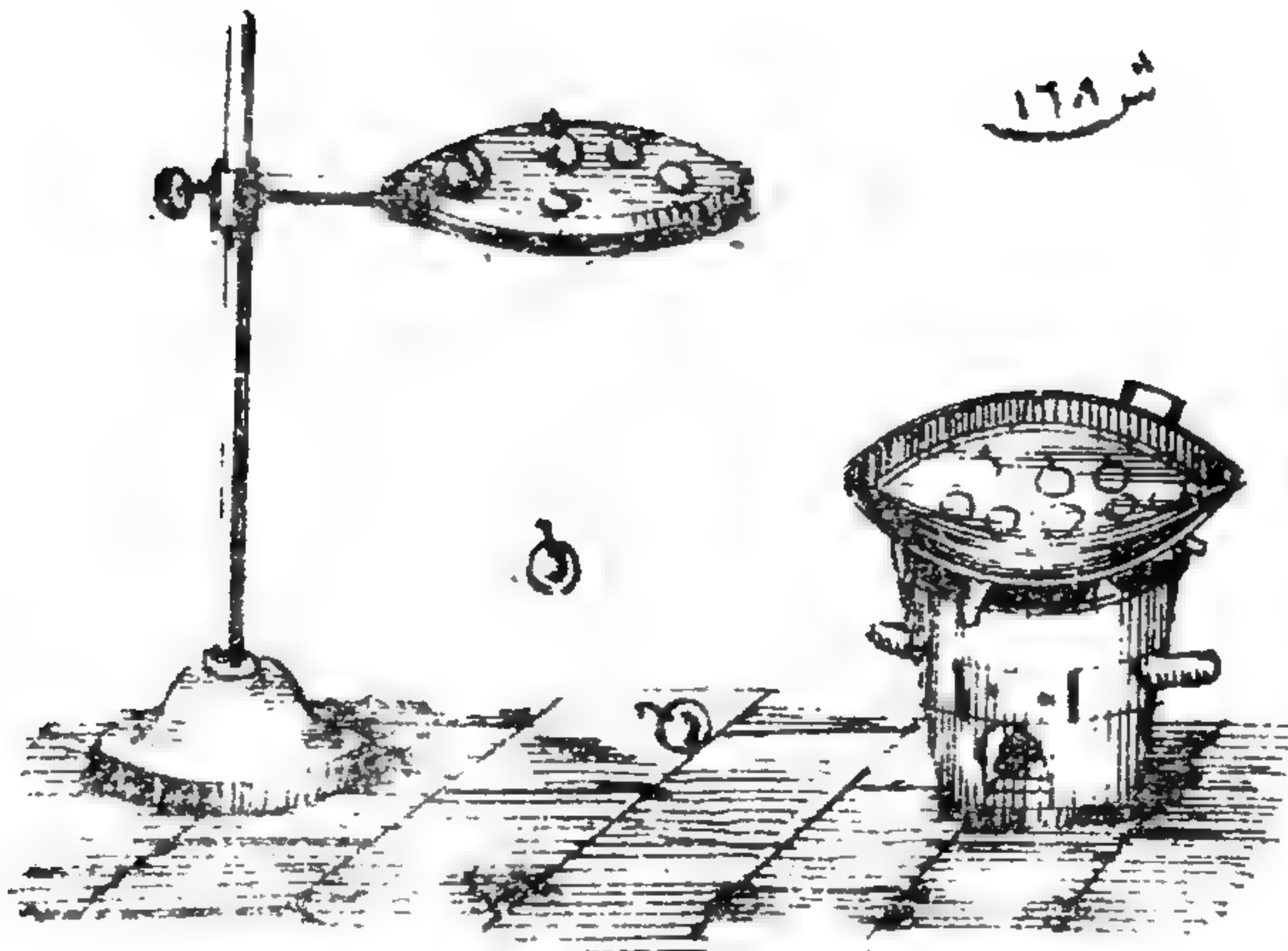
* (المبحث الثاني في الحرارة النوعية) *

تسمى حرارة نوعية أو سعة الحرارة بحجم كمية الحرارة التي يكتسبها متى ارتفعت حرارته
 من الصفر الى درجة واحدة فوق الصفر بالنسبة الى كمية الحرارة التي يكتسبها ثقل
 مساو له من الماء اذا ارتفعت حرارته من الصفر الى درجة واحدة فوق الصفر أعني

* (٢٤٣) *

أنه كما نتخب لوحدة الكثافات كثافة الماء أخذت لوحدة الحرارة النوعية حرارة الماء أيضا وينتج من ذلك أن الاعداد التي تبينها الحرارة النوعية وكذا الاعداد التي تبينها الكثافات متناسبة

ويثبت بسهولة أن جميع الاجسام ليست حرارتها النوعية واحدة اذا خلط مثلا واحد كيلوجرام من الزيت في درجة ١٠٠ مع واحد كيلوجرام من الماء في الصفر فانه يشاهد أن حرارة الخليط تكون ثلاث درجات تقريبا أعني أن السبعة والتسعين درجة التي فقدها الزيت لم تسخن مقدار الماء المساوي له الا ثلاث درجات وحينئذ فقد أخذ الماء حرارة أكثر من الزيت ٣٢ مرة تقريبا بار تفاعهما درجات واحدة من الحرارة ويثبت أيضا أن الاجسام المختلفة المساوية في الثقل والحرارة تحتوى على كميات مختلفة من الحرارة بواسطة تجربة تندال وهي أن يصب في قالب قرص من الشمع الاصفر قطر من ١٥ الى ٢٠ سنتيمترا ونخاته ١٢ ميليمترا تقريبا ومتى برد يوضع على حامل حلقى شكل ١٦٨



حينئذ تسخن في حمام زيت لدرجة ١٠٠ كرات صغيرة من حديد ونحاس
أخر وقصدير ورمصاص ويزموت وغيرها جميعها متساوية الاتقال ومتى أخذت
حرارة الحمام تخرج منه وتوضع على القرص الشمع فجميعها يذوب الشمع لا يمكن
بمرع مختلفة فالمحديد يغوص فيه بسرعة ويمر منه ثمانية النحاس والقصدير
يثقب القرص لكن لا يمر منه وأخيرا اليزموت والرمصاص لا يصل تأثيرهما إلى نصف
شماعة القرص وينتج من ذلك أن كرة الحديد تحتوي على حرارة أكثر من كرة النحاس
وكرة النحاس أكثر من كرة القصدير وهكذا مع كونها متساوية في الثقل والحرارة
واستعملت ثلاث طرق لتحديد الحرارة النوعية طريقة ذوبان الجليد وطريقة الخلط
وطريقة التبريد وفي هذه الطريقة الأخيرة تحسب الحرارة النوعية للجسم على حسب
الزمن الذي يبرد فيه جملة درجات معلومة

ولأنه عرض الالذكرياتين الأولىين لكن قبل كل شيء يجب معرفة كيفية
قياس مقدار الحرارة التي يكتسبها جسم معلوم المكنة والحرارة النوعية متى ارتفعت
حرارته بعض عدد من الدرج

* (المبحث الثالث في قياس الحرارة النوعية أي المحسوسة المتشربة بالاجسام) *
ليكن م ثقل الجسم بالكيلوجرام و θ حرارته النوعية و T درجة حرارته
وحيث أن كمية الحرارة اللازمة لرفع واحد كيلوجرام من الماء من الصفر إلى درجة فوق
الصفر مأخوذة وحدة فيلزم م من هذه الوحدات لترفع من الصفر إلى درجة فوق
الصفر ثقل الماء من م كيلوجرامات ولاجل رفع هذا الثقل الأخير من الصفر إلى
درجة T يلزم T مرارا كثيرة أعني T وحيث أن هذه هي كمية الحرارة اللازمة
لأن ترفع من الصفر إلى درجة T م كيلوجرامات من الماء الذي حرارته النوعية مقدرة
بواحد فيلزم للجسم المماثل له في الثقل الذي حرارته النوعية T مرارا T أوم
 T وحينئذ في سخن جسم من الصفر إلى درجة T أمكن أن تبين كمية الحرارة التي
يتشربها بالنتائج المتحصل من ضرب ثقله في عدد الدرجات التي سخن اليها وفي حرارته
النوعية وهذه القساعة هي أساس القوانين المستعملة لتحديد الحرارة النوعية

فاذا سخن الجسم أو برده من درجة T إلى T' صارت الحرارة الممتصة أو الفاقدة

مبينة أيضا بقانوني م (ت - ت') أو م (ت - ت')

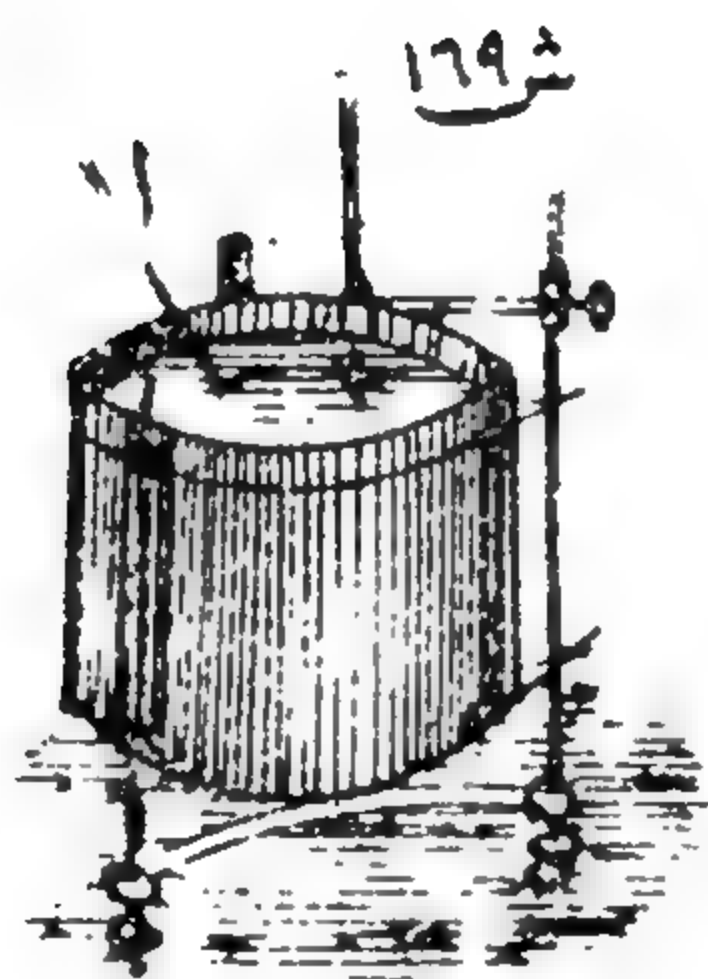
وبهذين

* (٢٤٥) *

وبهذين القانونين تحل التلامذة جميع مسائل الحرارة النوعية

* (المبحث الرابع في طريقة الخلط) *

لاجل حساب الحرارة النوعية لجسم صلب بطريقة الخلط المنسوبة الى بلاك يوزن الجسم وينقل لحرارة معلومة تعين بمكته زمنا يسيرا في تيار من بخار الماء درجته ١٠٠ ثم يغمر في كتلة من الماء البارد وزنها ودرجة حرارتها معلومان أيضا فن كمية الحرارة التي تركها الجسم للماء تستنتج حينئذ حرارته النوعية والجهاز المستعمل لهذه التجربة هو الكالوري متر المائى ويتركب من اناء أسطوانى من النحاس الأصفر أو الفضة جدرانها رقيقة مصقولة مملوك بخيوط من حرير كما فى شكل ١٦٩



لاجتناب فقد الحرارة بالتوصيل وهذا الاناء ملآن بالماء ومغمور فيه ترمومتر كثير الاحساس وأنبوبة من زجاج مصمتة تستخدم لتحريك السائل عندما يسخن اذا تقر ذلك نر من بحرف م لوزن الجسم وبحرف ن لدرجة حرارته زمن غمره فى السائل وبحرف ث لحرارته النوعية

وأيضا ليكن م وزن الماء البارد و ت درجة حرارته وأخيرا ليكن م وزن الاناء المحتوى على الماء و ث حرارته النوعية و ت درجة حرارته ومثلها تكون درجة حرارة الماء

فبمجرد غمر الجسم المسخن فى الماء ترتفع درجة حرارته واذا مررنا بحرف ف لاعلى درجة يصل اليها يشاهد أن الجسم يبرد عدة درجات تبين هكذا ب (ت - ف) وبناء على ذلك فيفقد الجسم كمية من الحرارة قياسها م ث (ت - ف) والماء والانىاء بالعكس فانهما يسخنان عدة درجات تساوى (ف - ت) ويتشربان كميات من

* (٢٤٦) *

المحرارة تساوي \bar{M} (ق - ت) و \bar{M} ت (ف - ت) لان الحرارة النوعية للماء هي الوحدة وحيث ان كمية الحرارة التي تركها الجسم المسخن مساوية بالضبط لمجموع كميات الحرارة التي امتصها الماء والانا فتحصل حينئذ المساواة \bar{M} ت (ت - ف) \bar{M} (ف - ت) + \bar{M} ت (ف - ت) ومنها تستخرج بسهولة قيمة \bar{M} متى كانت الحرارة النوعية \bar{M} للانا معلومة فاذا لم تكن معلومة يلزم ان يتبدأ بتعيينها بان يغمر في الماء جسم مسخن من نفس مادة الانا وبناء على ذلك فله نفس الحرارة النوعية وياخذ القانون السابق حينئذ الشكل \bar{M} ت (ت - ٠) = \bar{M} (٠ - ت) \bar{M} (ت - ٠) + \bar{M} ت (٠ - ت) (٢) وبجمله بالنسبة الى \bar{M} الذي هو المجهول الا ان فقط يوجد

$$\bar{M} = \frac{\bar{M} (٠ - ت)}{\bar{M} (٠ - ت) - \bar{M} (٠ - ت)}$$

ومتى علمت الحرارة النوعية للانا

فلاجل حل قانون (١) المذكور يوضع في المحدث الثاني (٠ - ت) كسر اعاما فيحصل حينئذ \bar{M} ت (ت - ٠) = \bar{M} (٠ - ت) + \bar{M} ت (٠ - ت) (٣) وبقيمة المحدثين على \bar{M} (ت - ٠) يتحصل \bar{M} = $\frac{\bar{M} (٠ - ت) + \bar{M} ت (٠ - ت)}{\bar{M} (٠ - ت)}$ (٤) وتكتب في الغالب قيمة \bar{M} على هذا الشكل

$$\bar{M} = \frac{\bar{M} (٠ - ت) + \bar{M} ت (٠ - ت)}{\bar{M} (٠ - ت)}$$

(٥) ويوضع \bar{M} ت = \bar{M} (٠ - ت) هو ثقل الماء الذي اخذ نفس كمية حرارة الانا

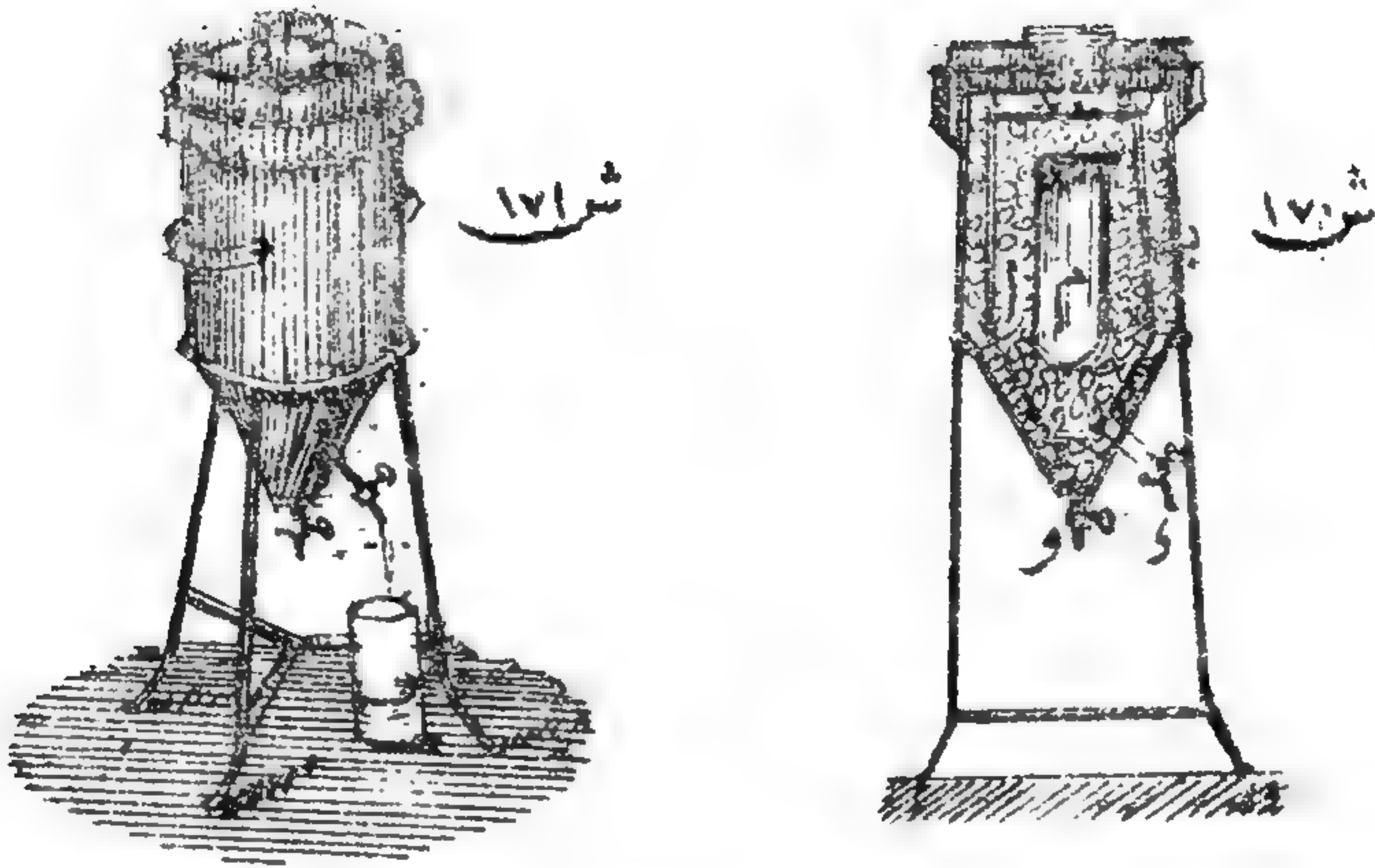
واخير يلزم لاجل اعطاء طريقة الخلط غاية الضبط ان تحسب ايضا الحرارة التي اكتسبها زجاج وزئبق الترمومتر ومنع ريذول جهاز الطريقة الخطا موضحا في المطولات

المبحث

* (٢٤٧) *

* (المبحث الخامس في طريقة ذوبان الجليد) *

الطريقة التي نحن بصدد هامة مؤسسة على الحرارة الكامنة الممتصة بالجليد الذي يذوب
ومقدارها كما سنشاهده في مبحث حرارة ذوبان الجليد ٧٩ وحدة للكيلوجرام الواحد
من الجليد والجهاز المستعمل في هذه الطريقة المنسوب الى لاڤوازيسه ولا يلاس
يسمى كالوريمتر الجليد وشكل ١٧٠ بين متطوره وشكل ١٧١ بين قطاعه



ويتكوّن هذا الجهاز من ثلاث غلافات من التّنك متداخلة في الجزء المركزي يوجد
جسم م الذي يبحث عن حرارته النوعية والجزآن الآخران ملائنان بالجليد المجروش
وجليد جزء معدّ لانه يذوب بالجسم المسخن وجليد جزء معدّ لمنع الحرارة التي
تتسّرع من الأشياء المحيطة الى الجهاز وحنفيّتا و و يخدمان لسيلان الماء
الناتج عن ذوبان الجليد

فلاجل ايجاد الحرارة النوعية لجسم صلب بواسطة هذا الجهاز يعين أولاً ثقل الجسم م
بالكيلوجرامات ثم ينقل لدرجة حرارة معلومة ت بوضعه بعض زمن في حمام ساخن
من الماء أو الزيت أو في تيار من البخار ثم ينقل بعد ذلك بسرعة في الغلاف المركزي
وتوضع الاغطية ثانياً حالاً وتغطى بالجليد كما يظهر من الشكل المذكور ويستقبل

* (٢٤٨) *

حينئذ الماء الذي يسيل من حنفية و متى وقف السيلان يعين ثقله ب بالكيلوجرامات وهذا الثقل يعين ثقل الجليد الذائب بالضبط

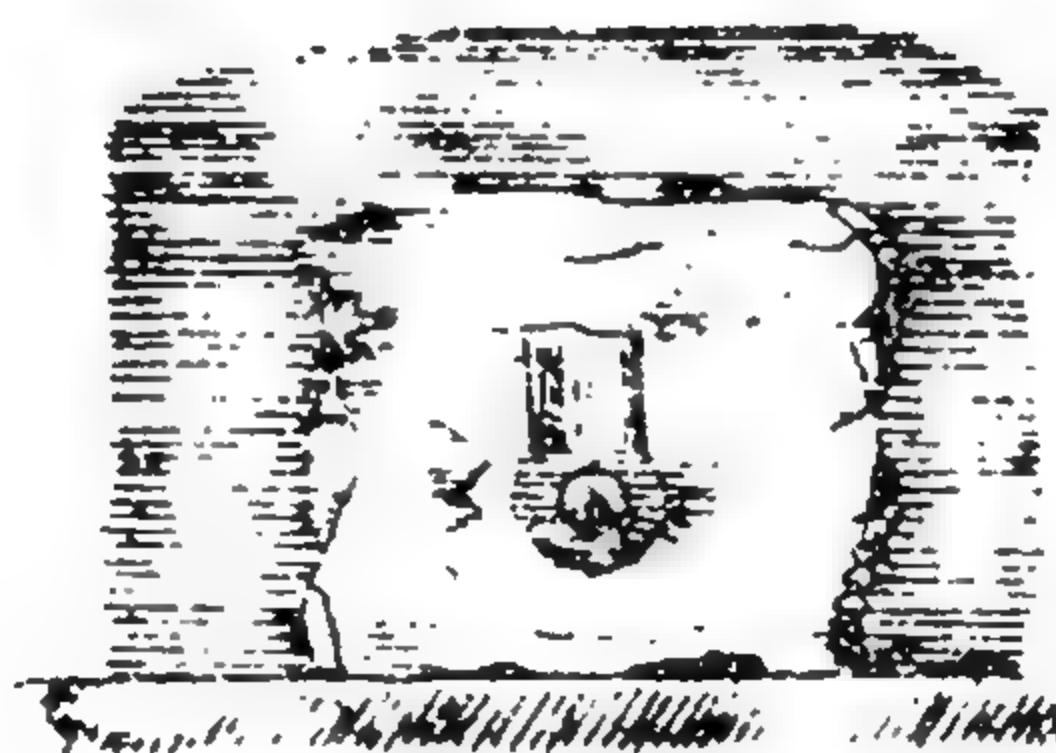
وحيث ان الكيلوجرام الواحد من الجليد الذائب ٧٩ وحدة من الحرارة المختفية فيلزم ان يختفى لاجل ب كيلوجرامات ب مرارا ٧٩ ومن جهة أخرى فقدر هذه الحرارة يكون ضرورة مساويا لثقله الذي فقد بالجسم م مدة برودته من درجة ت الى الصفر أعني الى م ت ت كما تقدم في قياس الحرارة المحسوسة الممتصة بالاجسام

$$\text{ويحصل حينئذ م ت ت} = ٧٩ \text{ ب وينتج ت} = \frac{٧٩ \text{ ب}}{\text{م ت}}$$

وطريقة كالوريي تراجمليد تظهر هذه أسباب مغلطة أعظمها هو مكث جزء من الماء الناشئ عن الذوبان ملتصقا بالجليد الذي لم يذب وحينئذ فلا يمكن تقدير الثقل ب بالضبط وزيادة على ذلك فان الهواء الظاهر الذي يدخل في الكالوريي من الحنفيتين يزيد في كمية الجليد الذائب ويتدارك جزء من هذا الضرر بعمل حفرة عميقة في قطعة من الجليد بواسطة قطعة حديد مسخنة ثم يوضع في هذه الحفرة الجسم الذي يبحث عن حرارته النوعية بعد تسخينه لدرجة حرارة معلومة كما في شكل ١٧٢

وتساوى حوافي الحفرة من قبل بالحدديد المسخن وتغطي بقطعة من الجليد متساوية أيضا مع الاعتناء بشرط أن تغلق بالضبط ومتى تحققت برودة الجسم الى الصفر فانه يخرج كما أخرج ماء الذوبان وحيث تعين ثقل الماء فلا يبقى الا وضعه في القانون المذكور

ش ١٧٢



* (المبحث السادس في الحرارة

النوعية للسوائل) *

الحرارة النوعية للسوائل تتعين أيضا بطريقة التبريد وبطريقة الخلط

او بطريقة

(٢٤٩)

أو بطريقة كالوري عتقوازيه ولا بلاس وانما يلزم في هذه التجربة الاخيرة أن تكون السوائل منحصرة في اناء أو في أنابيب من زجاج توضع في جزء م من شكل السابق وبمقابلة أعدادا لمجدول الآتي ببعضها يشاهد أن الحرارة النوعية للماء وعطر الترميننا أكثر من الحرارة النوعية للأجسام الأخرى ولا سيما المعادن وهذه الخاصية عامة في السوائل ولكن الماء له حرارة نوعية كثيرة يمكث زمنا كثيرا حتى يسخن أو يبرد ويمتص حينئذ أو يترك حرارة أكثر من جميع الأجسام الأخرى المساوية له في الكتلة ودرجة الحرارة

وهذه الخاصية المزوجة نافعة في سقي الصلب وفي التسخين بدوران الماء المسخن الحرارة النوعية المتوسطة للجوامد والسوائل فيما بين الصفر ودرجة ١٠٠ عين ريذول بطريقة الخلط والتبريد الحرارة النوعية لعدد كثير من الأجسام ونذكر هنا أعدادا لأجسام كثيرة الاستعمال في الصنائع التي تحصل عليها بالطريقة الأولى

أجسام	حرارة نوعية	أجسام	حرارة نوعية
ماء	١,٠٠٨٠	كوبالت	٠,١٠٦٩٤
عطر الترميننا	٠,٤٢٥٩٠	خارصين	٠,٠٩٥٥٥
فحم حيواني مكاس	٠,٢٦٠٨٥	نحاس	٠,٠٩٥١٥
فحم نباتي مكاس	٠,٢٤١١١	نحاس أصفر	٠,٠٩٣٩١
كبريت	٠,٢٠٢٥٩	فضة	٠,٠٥٧٠١
جرافيت	٠,٢٠١٨٧	قصدير	٠,٠٥٦٢٣
زجاج الترمومترا	٠,١٩٧٦٨	بوز	٠,٠٥٤١٢
قصفور	٠,١٨٨٧٠	أنثيمون	٠,٠٥٠٧٧
ماس	٠,١٤٦٨٧	زئبق	٠,٠٣٣٣٢
زهر أبيض	٠,١٢٩٨٣	ذهب	٠,٠٣٢٤٤
صلب	٠,١١٧٥٠	بلاتين مصفح	٠,٠٣٢٤٣
حديد	٠,١١٣٧٩	رصاص	٠,٠٣١٤٠
نيكل	٠,١٠٨٦٣	برموت	٠,٠٣٠٨٤

(٢٥٠)

والاعداد المنحصرة في هذا الجدول تبين الحرارة النوعية المتوسطة بين الصفر ودرجة ١٠٠ وتنج من أشغال دولونغ وبوتيت على الحرارة النوعية أنها تزداد مع ازدياد درجة الحرارة فالحرارة النوعية للعادن مثلها تكون بين درجة ١٠٠ و ٢٠٠ أكثر مما بين الصفر ودرجة ١٠٠ وتزداد كثيرا أيضا من درجة ٢٠٠ الى ٣٠٠ وبالاختصار فيكون ازدياد الحرارة النوعية بازدياد الحرارة أكثر ظهورا كلما كانت الاجسام أكثر قربا من درجة سيجانها وبالعكس فكل تأثير يزيد كثافة الجسم وانضمام أجزائه ينقص حرارته النوعية

والحرارة النوعية للسوائل تزداد بسرعة بازدياد درجة الحرارة أكثر من ازدياد الحرارة النوعية للجوامد ومع ذلك فيستثنى الماء لان حرارته النوعية تزداد أقل جدا من الحرارة النوعية للسوائل الاخر وأخيرا فان الجسم الواحد تكون حرارته النوعية في حالة السبولة أكثر من حرارته النوعية في حالة الصلابة مثال ذلك الحرارة النوعية للجليد فانها تكون نصف الحرارة النوعية للماء وفي الحالة الغازية تكون الحرارة النوعية أقل كثيرا مما في حالة السبولة

(المبحث السابع في الحرارة النوعية للغازات)

الحرارة النوعية للغازات تنسب اما للحرارة النوعية للماء أو للحرارة النوعية للهواء ففي الحالة الاولى تتعين كمية الحرارة اللازمة لرفع ثقل معلوم من الغاز درجة واحدة بالنسبة الى الحرارة التي تلزم لرفع ثقل مثله من الماء وفي الحالة الثانية تتعين كمية الحرارة اللازمة لرفع حجم معلوم من الغاز درجة واحدة بالنسبة للحرارة التي تلزم لرفع حجم مثله من الهواء وفي هذه الحالة الاخيرة تفرض الغازات في ضغط ثابت وحجم متغير أو العكس في حجم ثابت تحت ضغط متغير

والذي عين الحرارة النوعية للغازات بالنسبة للماء سنة ١٨١٢ هـ ودولاروش وبيرار وكيفية ذلك أن تقاس كمية الحرارة التي تتركها الثقل معلوم من الماء ثقل معلوم أيضا من غاز يدور في تعباني موضوع في هذا الماء ومنها نستنتج بعد ذلك الحرارة النوعية للغاز بواسطة حساب مشابه للحساب الذي أعطي في طريقة الخلط

والطبيعيان المذكوران عينا الحرارة النوعية للغازات في ضغط ثابت بالنسبة للهواء بأن قويات بعضها كميات الحرارة التي تتركها الثقل واحد من الماء أجمام متساوية

(٢٥١)

متساوية من الغاز والهواء في درجة حرارة واحدة وضغط جوى واحد مدة التجربة وبعد أشغال دولاروش وبيرار استعمل ريف ومارسيت سنة ١٨٣٥ طريقة التبريد لتعيين الحرارة النوعية للغازات وهناك كيفيات أخرى لتعيين الحرارة النوعية للغازات مذكورة في المطولات وأعطى دولاروش وبيرار القانون الأول الآتى على الحرارة النوعية للغازات وأعطى دولونغ القانون الثانى

القانون الأول ان جميع الغازات البسيطة المتساوية الاحجام تكون حرارتها النوعية متساوية

القانون الثانى انه متى اتحد غازان بدون تكثف فالغاز الناتج يكون له في حجم متساو نفس الحرارة النوعية التى للغازين البسيطين المكونين له وظهر من تجارب ريندول أن القانون الأول لا يكون منتظما الا في الغازات المعرضة لقانون مربوط أهنى البعيدة عن درجة ميوعتها والتجارب المذكورة لم تثبت القانون الثانى

(الحرارة النوعية للغازات البسيطة بالنسبة للماء)

غاز	في حجم متساو	في ثقل متساو
أوكسيجين	٠,٢٤٠٤٩	٠,٢١٧٥١
ايدروجين	٠,٢٣٥٩٠	٠,٤٠٩٠٠
أزوت	٠,٢٣٦٨٠	٠,٢٤٣٨٠
كلور	٠,٢٩٦٤٥	٠,١٢٠٩٩

(المبحث الثامن في قياس حرارة الذوبان الكامنة)

علم مما تقدم أنه متى انتقلت الاجسام من حالة الصلابة الى حالة السيولة يوجد اختفاء كمية من الحرارة الكامنة كثيرة الاعتبار أو قليلته وحرارة السيجان بحجم صلب هي كمية الحرارة الضرورية لانتقال واحد كى لو جرام من هذا الجسم من حالة الصلابة الى حالة السيولة بدون ارتفاع درجة الحرارة وتعيين حرارة ذوبان الاجسام بطريقة الخلط بالاستناد على هذه القاعدة التى تظهر واضحة وهى أنه متى يجمد جسم سائل انتشرت كمية من الحرارة مساوية لكمية الحرارة التى تشرى بمادة سيجانه ولا يمكن المقصود تعيين حرارة سيجان الرصاص مثلا فيسبح ثقل م من هذا الجسم وبعد

معرفة حرارتها T يصب في كتلة من الماء معلوم ثقلها M وحرارتها t اذا تقرر ذلك
نرمز بحرف T للحرارة النوعية للرصاص وبحرف t لحرارة سيجانه أعني كمية الحرارة
المستعملة لسيجان وحدة الانتقال أو كمية الحرارة التي تظهرنا بسا من التجمد
وأخير اليكن T الحرارة الاخيرة التي يأخذها الماء المسخن بالرصاص فيسخونة
كتلة الماء من t الى T درجة أخذ كمية من الحرارة تتعين بواسطة M ($T - t$)
ومن جهة أخرى فان كتلة الرصاص ببرودتها من T الى t تركت من جهة كمية
من الحرارة M ($T - t$) ومن جهة أخرى وقت التجمد صعد منها كمية من
الحرارة تتعين بواسطة M وتحصل حينئذ هذه المعادلة

$$M(T - t) + mZ = M(T - t) \text{ ومن ذلك ينتج } \\ Z = \frac{M(T - t) - M(T - t)}{M}$$

(المبحث التاسع في حرارة ذوبان الجليد)

تتبع حرارة ذوبان الجليد بطريقة المخلوط أيضا ولاجل ذلك ليكن M ثقل من
الجليد في الصفر و m ثقل من الماء المسخن لدرجة t كافيا لذوبان جميع الجليد
فيلقى الجليد في الماء ومتى تم ذوبانه تقاس درجة حرارة المخلوط ويرمز لها بحرف F
فبرودة الماء من درجة t الى F يترك كمية من الحرارة تساوي M ($t - F$)
واذا رمز لحرارة ذوبان الجليد بحرف Z فيكون قد اكتسب لاجل ذوبانه كمية من
الحرارة M لكن الماء المتحصل منه بعد الذوبان يسخن وترتفع درجته من الصفر
الى درجة F ويكون أخذ حينئذ كمية من الحرارة M وحينئذ تتحصل

$$\text{المعادلة } MZ + mF = M(t - F) \text{ ومن ذلك تستخرج قيمة } Z$$

وبهذه الطريقة مع الانتباه لاجتناب كل سبب مغلط وجد أن حرارة ذوبان الجليد هي
٧٩ درجة أعني أن الكيلوجرام الذي يذوب من الجليد ينخفض في حالة كونه كمية
الحرارة اللازمة لرفع ٧٩ كيلوجراما من الماء من الصفر الى درجة واحدة فوق الصفر
أو لرفع كيلوجرام واحد من الماء من الصفر الى ٧٩ درجة +

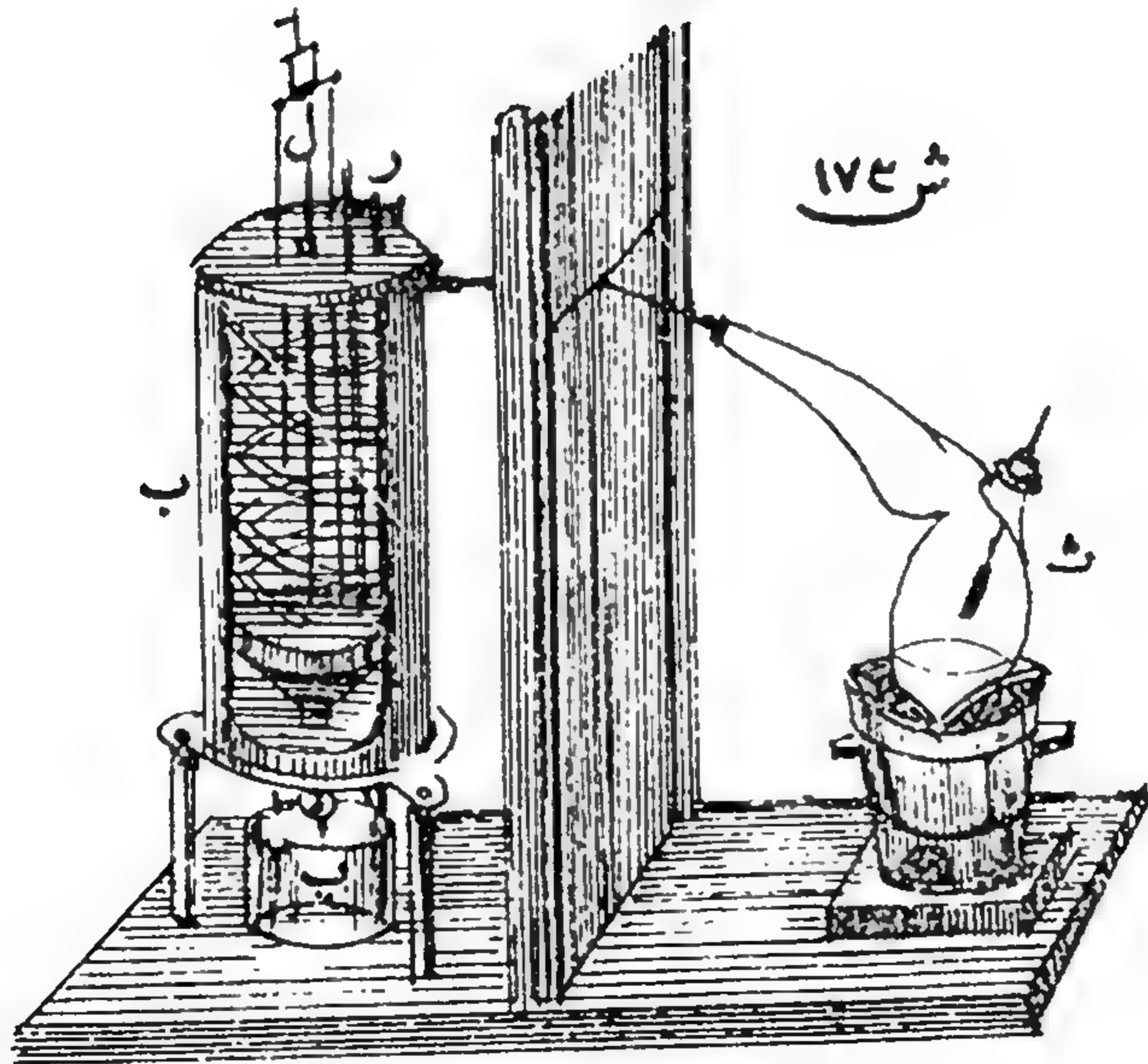
والمعلم يبرسون الذي بحث كثيرا عن حرارة الذوبان وجد بالتجربة الأعداد الآتية
لحرارة ذوبان جملة أجسام بسيطة ومركبة

* (٢٥٣) *

١٢,٦٤	بنموت	٧٩,٢٥	جليد
٩,٢٧	كبريت	٦٢,٩٧	ازوتات الصودا
٥,٣٧	رصاص	٢٨,١٣	خارصين
٥,٠٣	فصفور	٢١,٠٧	فضة
٤,٥٠	مخلوط دارسيه	١٤,٢٥	قصدير
٢,٨٣	زئبق	١٣,٦٦	كاديوم

* (المبحث العاشر في قياس الحرارة الكامنة للتبخير) *

تقدم في مبحث الحرارة الكامنة للأبخرة أن السوائل عند تبخرها تنفق كمية عظيمة من الحرارة تسمى بالحرارة الكامنة أو حرارة التبخر ولاجل تعيين حرارة التبخر لسائل أعني مقدار الحرارة التي يتشربها الكيلوجرام الواحد من هذا السائل ليه تصاعد بخار بدون أن تزيد درجة الحرارة تستعمل عين الطريقة المستعملة لتعيين الحرارة النوعية للغازات بالنسبة للحرارة النوعية للماء وشكل ١٧٣



يوضع الجهاز الذي استعمله ديسبيرتز للبحث عن ذلك فالبخار يتولد في معوجة ث
وتبين حرارته فيها بواسطة ترمومتر ثم يتجه في الثعباني المغمور في الماء البارد وفيه
يتكثف ويترك حرارته الكامنة للثعباني وماء اناء ب والماء الناتج عن التكثف
يستقبل في قابلية ب المتصلة بالثعباني ويستخرج منها بعد انتهاء التجربة لاجل وزنه
ونقله هو ثقل البخار الذي وصل الى الثعباني والمحرك الذي يحرك باليد يخدم لمزج
طبقات الماء في اناء ب ببعضها لتكون كتلة السائل جميعها في درجة حرارة واحدة
وتعرف بواسطة ترمومتر ل الموضوع في محور الثعباني وأخيرا تخرج من قابلية ب
أنبوبة منتهية بمخفية ر مفتي أريد تغيير الضغط وبالتبعية حرارة البخار توصل هذه
المخفية بواسطة أنبوبة من الصمغ المرن مع الآلة المفرغة أو طلمونية كاسية

إذا علمت هذه التفاصيل فلاجل تعيين حرارة التبخر لسائل في المعوجة يسخن ابتداء
الى الغليان وتوصل حينئذ المعوجة بالثعباني ثم بعد قطع الاتصال يجني الماء الذي
تكثف في قابلية ب ويوزن

ولكن حينئذ م ثقل البخار المتكثف وت حرارته عند دخوله في الثعباني وز
حرارته عند التبخر وليكن أيضا م ثقل الماء المغمور فيه الثعباني ومتملا على ثقل
اناء ب والثعباني والترمومتر والمحرك وت الحرارة الاولى للماء وف الحرارة الاخيرة
عند وقوف التجربة

والحرارة التي تركها الكيلوجرام الواحد من البخار الذي تكثف تكون ز والحرارة
التي تركها الكيلوجرامات م من البخار بفعل التكثف فقط تكون م ز وزيادة على
ذلك بقطع النظر عن التكثف في برودة الثقل م من درجة ت الى ف يفقد كمية
من الحرارة تتعين بواسطة م (ت - ف) ويشاهد من ذلك أن السكبة السكبة للحرارة
التي تركها البخار هي م ز + م (ت - ف) وخلاف ذلك فالحرارة التي اكتسبها الماء
والاناء والز واند الاخر تكون م (ف - ت) ويتحصل حينئذ م ز + م (ت - ف)

$$= م (ف - ت) \text{ ومنه ينتج } ز = \frac{م (ف - ت) - م (ت - ف)}{م}$$

وهكذا وجد ديسبيرتز الحرارة مروية بخار الماء درجة ١٠٠ عدد ٥٤٠ أعني

* (٢٥٥) *

أن الكيلو جرام الواحد من الماء درجة ١٠٠ يأخذ لتبخره الحرارة اللازمة لرفع
٥٤٠ كيلو جراما من الماء من الصفر إلى درجة فوق الصفر ووجد رينبول ٥٣٧ وفابر
وسيليرمان ٥٣٥ و ٨

* (الفصل السابع في توصيل الجوامد والسوائل والغازات للحرارة وفيه مباحث) *

* (المبحث الأول في توصيل الجوامد للحرارة) *

قابلية التوصيل هي خاصية للأجسام تنقل بها الحرارة بسهولة كثيرة أو قليلة في باطن
كتلها ويحصل هذا السريان بحركة باطنية واصله من جزء إلى آخر
وجميع الأجسام لا توصل الحرارة بالسوية فالأجسام التي تنقل الحرارة بسهولة تسمى
موصلة جيدة وذلك كالمعادن بالخصوص والأجسام التي تقاوم سريان الحرارة
كثيرا أو قليلا تسمى رديئة التوصيل وذلك كالزجاج والراتنج والخشب وبالمخصوص
السوائل والغازات

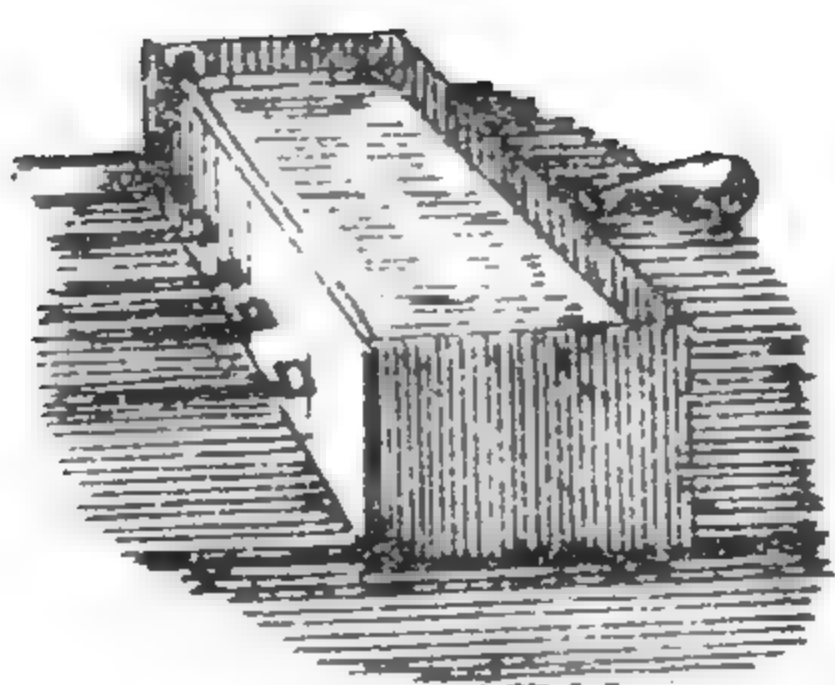
ولاجل مقابلة قوة توصيل الأجسام الصلبة ببعضها صنع انجمنه وزا الطبيب الهولندي
جهازا صغيرا يسمى باسمه كما في شكل ١٧٤

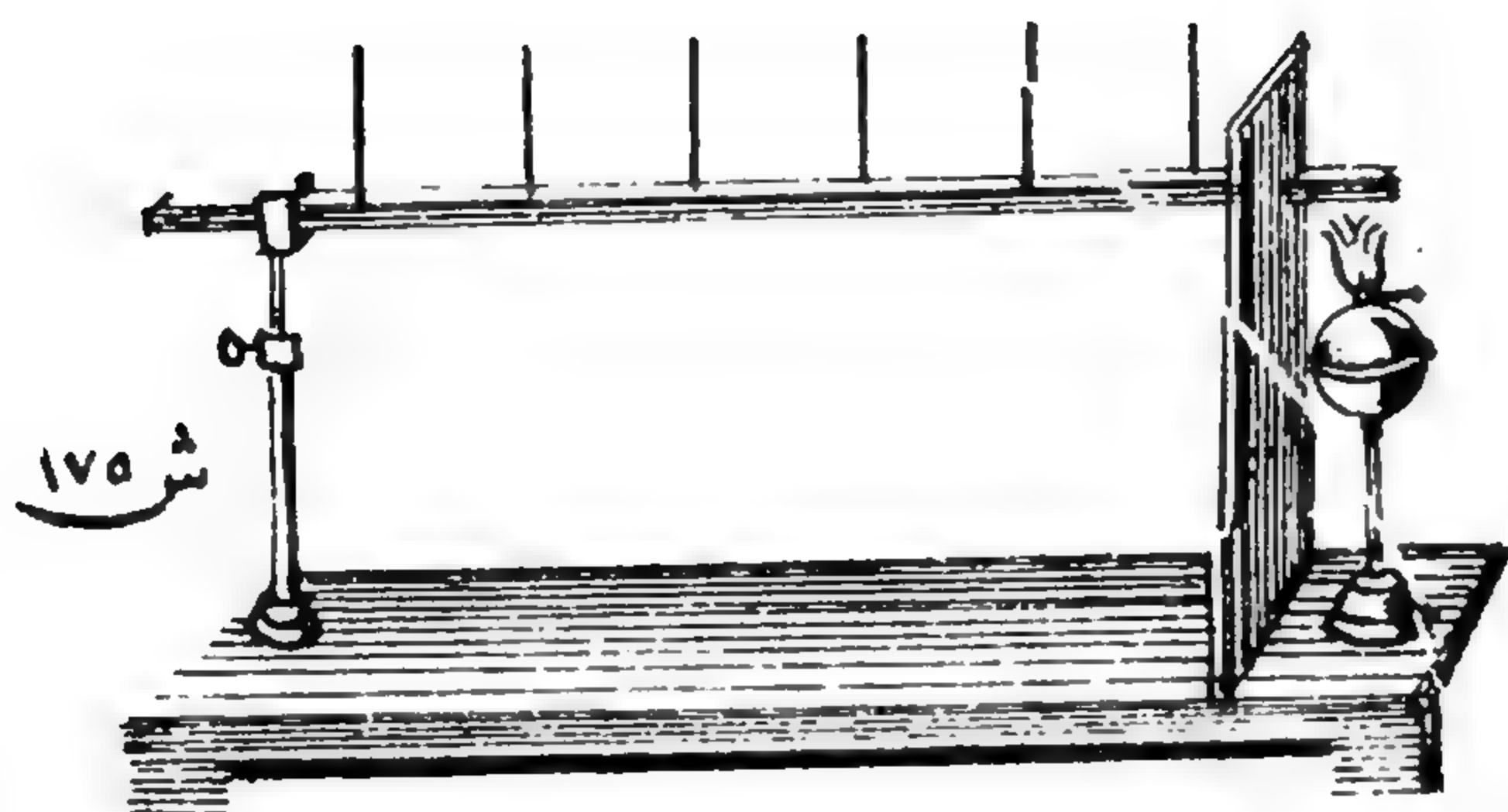
وهو صندوق من التنك مثبت فيه بواسطة
فتحات وسدائد قضبان من أجسام مختلفة
مثل الحديد والنحاس والخشب والزجاج وتلك
القضبان نافذة بعض ميليمترات في باطن
الصندوق ومغطاة بالشمع الأصفر الذي يسج
في ٦١ درجة - فتى ملئ الصندوق بالماء
المغلي يشاهد أن الشمع الذي على القضبان
المعدنية يأخذ حالا في السيجان على أبعاد
مختلفة قليلة وكثرة على حسب تفاوتها في التوصيل
بخلاف القضبان الأخر فلا يشاهد عليها أثر

سيجان الشمع وتكون قوة التوصيل أعظم كلما كان الجزء السائح عليه الشمع أكثر
انساغا

وقد قابل ديسبيرتر قوة توصيل الجوامد للحرارة بواسطة الجهاز الموضح في شكل ١٧٥

ش ١٧٤





وهو قضيب منشوري فيه حفر صغيرة ملائمة بالزئبق ومنعمور في كل حفرة ترمومتر
وبعد كل حفرة عن الأخرى واحد يسير في عرض هذا القضيب من أحد طرفيه
لينبوع حرارة ثابت يشاهد أن الترمومترات تصعد على التوالي بالابتداء من الينبوع ثم
تقف على درجات ثابتة لكنها متنازلة من ترمومتر إلى الذي يليه وبهذه الكيفية
حقق ديسبيرتر القانون الثاني المنسوب إلى لاميرت من برلين وهو أن الأبعاد عن
الينبوع تتزايد بمتوالية عددية وأن الحرارة الزائدة عن حرارة الهواء تتناقص بمتوالية
هندسية

ولا يتحقق هذا القانون إلا في المعادن الجيدة التوصيل كالذهب والبلاطين والفضة
والنحاس وأما في مثل الحديد والخارصين والرصاص والقصدير فلا يكون إلا تقريبا
ولا يوافق الأجسام الغير معدنية (أي كالأشياء فيها) كالرخام والصيني وغيرهما
وقد قدر ديسبيرتر قوة توصيل الذهب ١٠٠٠ ونسب غيره له فوجد أن قوة توصيل

البلاطين	٩٨١	القصدير	٣٠٤
الفضة	٩٧٣	الرصاص	١٧٩
النحاس	٨٩٧	الرغام	٠٢٣
الحديد	٣٧٤	الصيني	٠١٢
الخارصين	٣٦٣	طين الآجر	٠١١
		والاجسام	

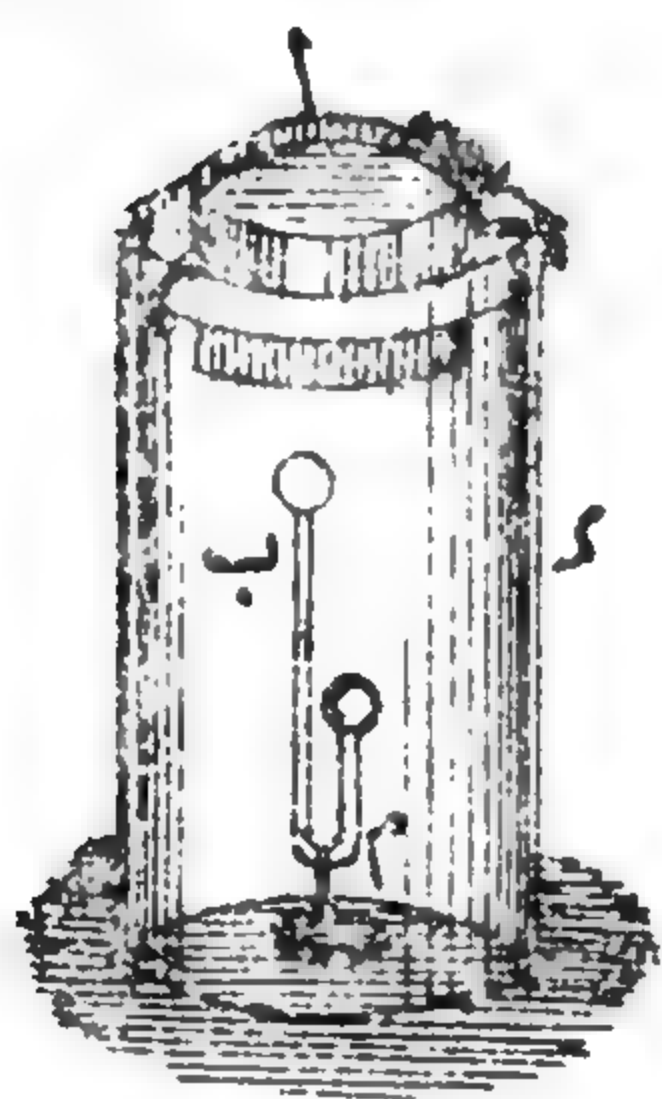
* (٢٥٧) *

والاجسام العضوية رديئة التوصيل للحرارة أما الاخشاب فقد بين لاريف في جنوا
أن توصيلها للحرارة يكون في اتجاه السافها أكثر من قوة التوصيل بالعرض وأن
الاخشاب الاكثر كثافة أكثر توصيلاً وأن النخالة والتبن والصوف والقطن موصلات
رديئة جداً للحرارة

* (المبحث الثاني في توصيل السوائل للحرارة) *

توصيل السوائل للحرارة ضعيف جداً ويمكن اثباته بالتجربة الآتية وهي أن يوضع

ش ١٧٦

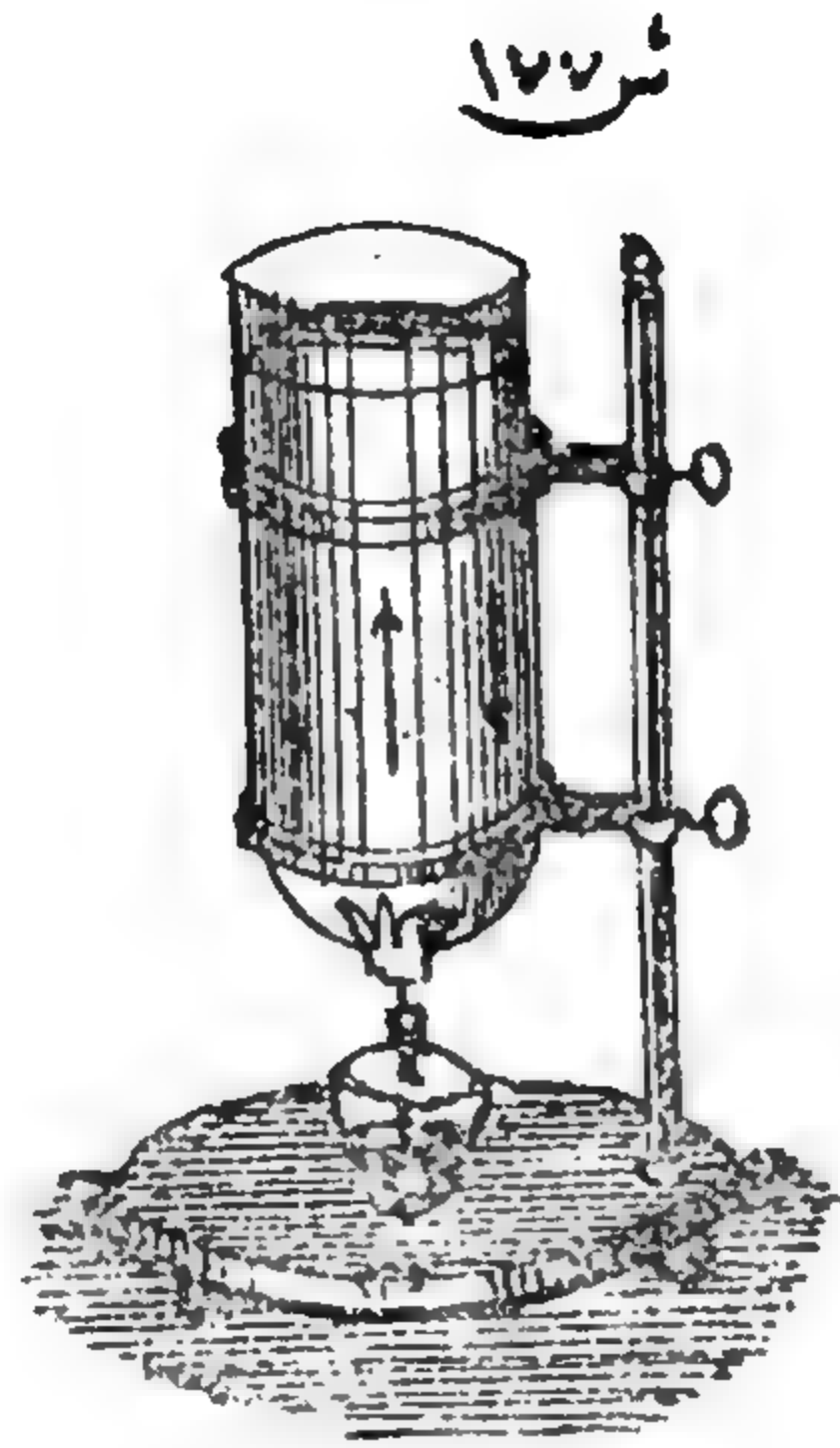


في اناء أسطوانى من الزجاج و شكل ١٧٦
ترمومتر صغير ب متكون من كرتين من
الزجاج منضمتين بانبوبة منحنية م فيها علامة
قليلة من سائل ملون في اناء د بما في
الدرجة الاعتيادية ويوضع في هذا الماء اناء من
تنك ا ويصب فيه الماء المغلى أو الزيت الممغن
الى ٢٠٠ أو ٣٠٠ درجة فيشاهد حينئذ
أن كرة الترمومتر لا أكثر قرباً من قاع اناء ا
لا تسخن الا قليلاً جداً ولا تتقل العلامة م
الا مقدار اقليل الاحساس ومن ذلك يستنتج
ضعف توصيل الماء للحرارة والسوائل الاخر
تعطى نفس النتيجة

وبواسطة جهاز مشابه للسابق ارفعاه متر ونصف وحفظ ما اناء ا في درجة حرارة ثابتة
وتنظيم ١٢ ترمومترا أحدها تحت الآخر في جميع ارتفاع اناء د وجد ديسبيرتر أن
الحرارة تسرى في السوائل على حسب قانون سريانها في القضبان المعدنية غير أن
قابلية التوصيل تكون ضعيفة جداً

(كيفية تسخين السوائل) متى سخنت السوائل من جزئها السفلى ينتج عن ضعف توصيلها
أن سخوتها تنحصر بالتيارات الصاعدة والنازلة التي تنظم في كثاها وتفسر هذه
التيارات هو أنه يتمدد الطبقات السفلى تصير أقل كثافة فتصعد وتغوصها الطبقات
العليا الاكثر برودة وكثافة وتصير هذه التيارات مشاهدة بالبصر اذا ألقى في الماء
نشارة الخشب فانها تصعد وتنزل معه كما في شكل ١٧٧

(المبحث الثالث في توصيل الغازات للحرارة)
لم يمكن تقدير توصيل الغازات للحرارة
بسبب عظم قوة تشععها وكثرة تحرك
أجزائها لكن اذا تعطلت حركتها ظهر
توصيلها للحرارة كلاشي تقريبا وفي الواقع
أن جميع الاجسام التي يبقى الهواء مستقرا
بين خيوطها تقاوم انتشار الحرارة مقاومة
عظيمة وذلك كالتبن والقش والريش
والفراوى ومتى سخنت كتلة غازية
فان تسخينها يكون بالخصوص بلامستها
لجسم مسخن وبالتيارات الصاعدة الحادثة
عن التمدد كما في السوائل



* (المبحث الرابع في استعمال قابلية التوصيل) *

اختلاف توصيل الاجسام للحرارة أوجد استعمالات عديدة فاذا أريد مثلا حفظ
سائل حار زمنا طويلا يوضع في اناء مزدوج الغلاف وتلاءم المسافة بين الغلافين بمادة غير
موصلة للحرارة مثل نشارة الخشب أو الزجاج المدقوق أو الفحم كذلك أوالتبن وتستعمل
نفس الوسيلة لمنع تشرب الجسم للحرارة وحينئذ فلاجل حفظ الجليد في الفصل المحار
يغلف بالتبن أو يغطى بالصوف

وفي المساكن اذا كان الرخام أو البلاط أو الزجاج يظهر لنا أنه أكثر برودة من الخشب
فما ذاك الا لكونه أجود توصيلا للحرارة من الخشب والاحساس بالحرارة أو البرودة
التي نحس بها عند لامسة بعض الاجسام مع كون حرارتها واحدة ينسب لقابلية
التوصيل فاذا كانت حرارتها أقل ارتفاعا من حرارتنا يظهر لنا أنها أكثر برودة
عما تكون بسبب الحرارة التي ترفعها منا بالنظر لقابلية توصيلها وهذا ما يحدثه الرخام
واذا كانت بالعكس أي حرارتها أكثر من حرارة جسمنا يظهر لنا أنها أكثر حرارة
عما تكون بسبب الحرارة التي تتركها لنا من نقط كتلها المختلفة وهذه هي الظاهرة
التي يظهرها لنا قضيب من الحديد معرض للشمس

* (الفصل

* (٢٥٩) *

* (الفصل الثامن في تشعع وانعكاس وتشرب وابراراز الحرارة وفيه مباحث) *

* (المبحث الاول في تشعع الحرارة) *

متى وضع جسم في محل مغلق حرارته أكثر ارتفاعاً وانخفاضاً من حرارة الجسم بشاهد ارتفاع حرارة الجسم أو انخفاضها بالتدريج الى أن تصل لحرارة المحل أى الى أن يتعادل الجسم مع المحل في الحرارة ويستنتج من ذلك أن الجسم اكتسب كمية من حرارة الأجسام المجاورة له أو ترك لها كمية من حرارته

وحيث أن حرارة تسرى من جسم الى آخر في وسط المسافة كسريان الضوء وسريان الحرارة هذا الذي يحصل في جميع المسافات وفي جميع الاتجاهات يسمى بالتشعع وعكس التشعع أعني نفوذ الحرارة المتشععة في الأجسام يسمى تشرباً وبالجملة يسمى شعاعاً حارياً كل خط مستقيم تسرى الحرارة على حسبه وخزمة حارياً اجتماع الأشعة فإذا كانت هذه الأشعة منفصلة لبعضها عن البعض الآخر كانت الخزمة متفرقة وإن كانت متوازية يقال للأشعة متوازية

ولا ينبغي أن يظن أنه لا يبرز الحرارة إلا الأجسام المسماة عادة بالأجسام المسخنة وأن الأجسام الباردة هي التي تشرب الحرارة بل جميع الأجسام سواء كانت ساخنة أو باردة تبرز وتشرب الحرارة انما بكميات مختلفة

والتشعع في نظرية تحرك الحرارة هو اتصال الحركة الاهتزازية لجزيئات المادة الى الاثير ومتى برد جسم فهذا ليكون جزيئاته فقدت جزءاً من حركتها التي تركتها للاثير ومتى تولدت موجات الاثير صدمت جزيئات الأجسام التي تقابلها في سيرها وسخنتها بحيث تحدث بالمعاوضة المستمرة للحركة جميع ظواهر تسخين وتبريد الأجسام وفي دراسة الحرارة التشععية تغير الحرارة الى مظلمة ومضيئة فالاولى هي الحرارة البارزة من الأجسام الغير مضيئة كأنها ملآن بماء مسخن لدرجة ١٠٠ والثانية هي الحرارة البارزة من الأجسام المضيئة كالشمس وكرة مسخنة للدرجة الحمراء وسنشهد في الاسباب المتنوعة لقوة الانعكاس والتشرب والابراراز أن الحرارة المظلمة والمضيئة يختلفان في بعض الاوصاف

* (المبحث الثاني في قوانين التشعع) *

تشعع الحرارة يظهر الثلاث قوانين الآتية الاول أن التشعع يحصل في جميع الجهات حول الأجسام وفي الواقع اذا وضع الترمومتر في أوضاع مختلفة حول جسم مسخن دل

في جميع الاوضاع على ارتفاع الحرارة الثاني أن التشعيع يكون على خط مستقيم في الوسط المتساوي لانه اذا وضع حائل على الخط المستقيم الواصل من ينبوع الحرارة الى الترمومتر انقطع تأثير الترمومتر من ينبوع لكن بالانتقال من وسط الى وسط آخر كمن الهواء الى الزجاج تزوغ الاشعة الحرارية كزوغان الاشعة الضوئية وهذه الظاهرة تسمى بالانكسار وقوانينها كقوانين انكسار الضوء كما سيأتي الثالت أن الحرارة تسرى في الفراغ وقد قيل ابتداء بضرورة وجود الوسط القابل للوزن لتشعيع الحرارة والذي يثبت سريان الحرارة المضيئة في الفراغ سريان حرارة الشمس الا تية البين من وسط المسافة الكوكبية الخالية عن أدنى مادة قابلة للوزن وأما سريان الحرارة المظلمة في الفراغ فيثبت بالتجربة الا تية المنسوبة الى روفنور وهي أن يلحم في قاع دورق من زجاج سعة نصف لتر تقريباً ترمومتر مستودعه شاغل مركز الدورق كما في شكل ١٧٨

ثم يلحم في عنق الدورق أنبوبة بارومترية طويلة ويملا الدورق والأنبوبة بالزئبق الجفاف ويقاب الجهاز ويغمر طرف الأنبوبة المفتوح في طست ملآن بالزئبق كما في تجربة تروشيلي بالضبط فيمنخفض الزئبق الى الارتفاع المتوسط وهو ٧٦ سم. ويحصل الفراغ في الدورق وفي جزء من الأنبوبة ثم تسخن الأنبوبة حيثئذ بالمصباح من أعلى استواء الزئبق فيها الى أن يسبح الزجاج فتتضمم جذران الأنبوبة بالضغط الخارجي وينسد الدورق سداً محكماً ويصير الدورق خالياً بالكلية عن الهواء فيمجرد تعريضه لينبوع حراري يغمره في ماء مسخن مثلاً يشاهد ارتفاع الترمومتر في الحال وهو ثابت سريان الحرارة المظلمة في الفراغ ولا يقال حصل ارتفاع الحرارة من جدار الدورق وساق الترمومتر لان الزجاج موصل ردي للحرارة

وأما سرعة سريان الحرارة فلم تتبين والمعلوم أنها تختلف قليلاً فقط عن سرعة سريان الضوء اذا لم تكن مساوية لها بالضبط لان ضوء الشمس والاضواء الصناعية تكون مصاحبة دائماً لاشعة حرارية

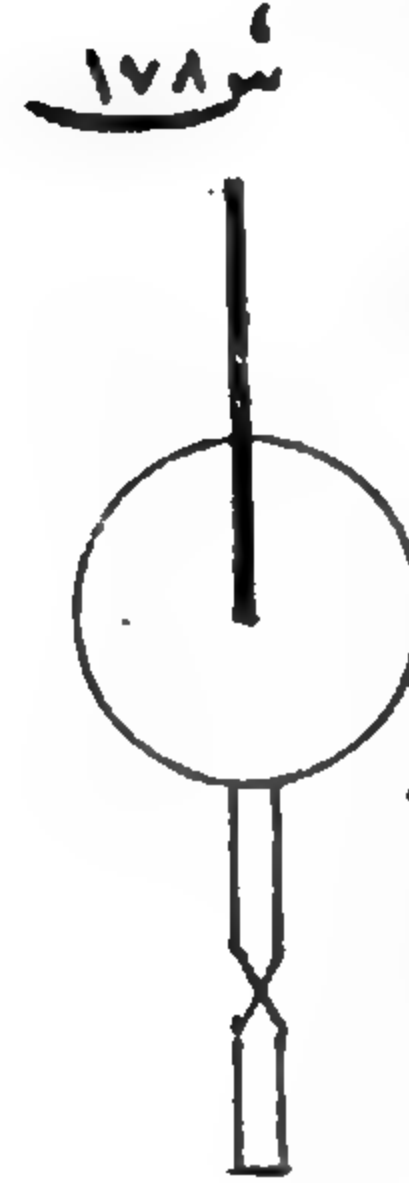
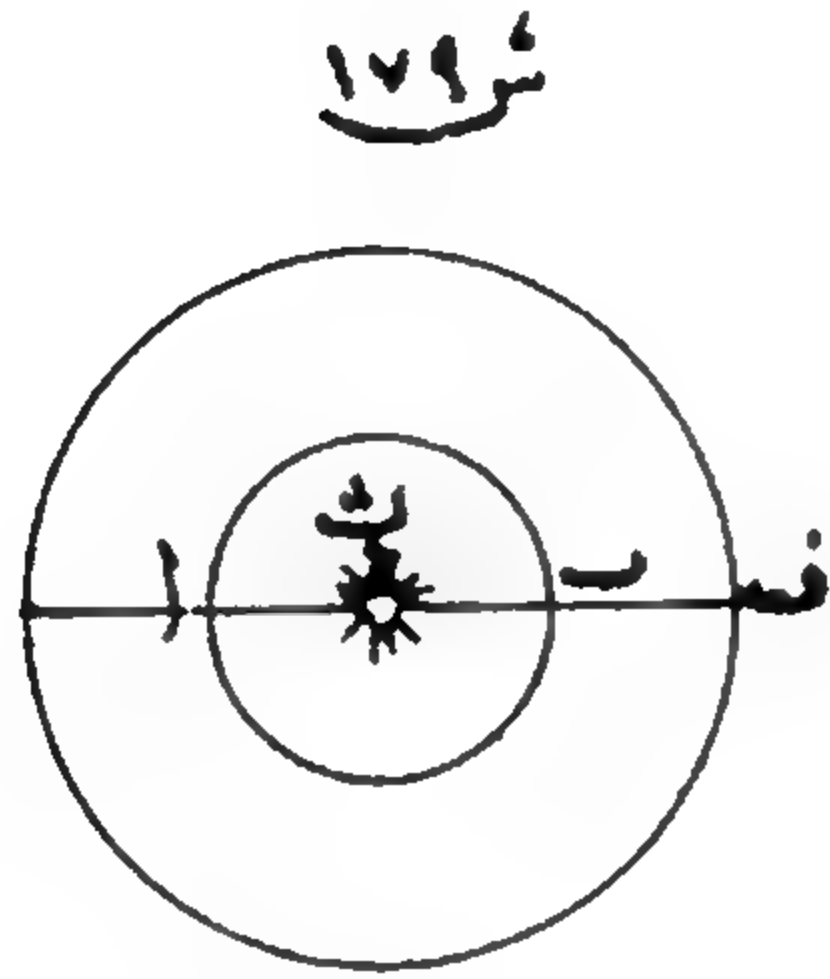
(المبحث الثالث في شدة الحرارة المتشعة والاسباب التي تغيرها)

يؤخذ لشدة الحرارة المتشعة كمية الحرارة المستقبلة على وحدة السطوح في وحدة الزمن والاسباب المتنوعة لشدة الحرارة ثلاثة البعد من ينبوع الحراري وميل الاشعة الحرارية بالنسبة لسطح المبرز لها وميلها بالنسبة لسطح المستقبل لها

القانون

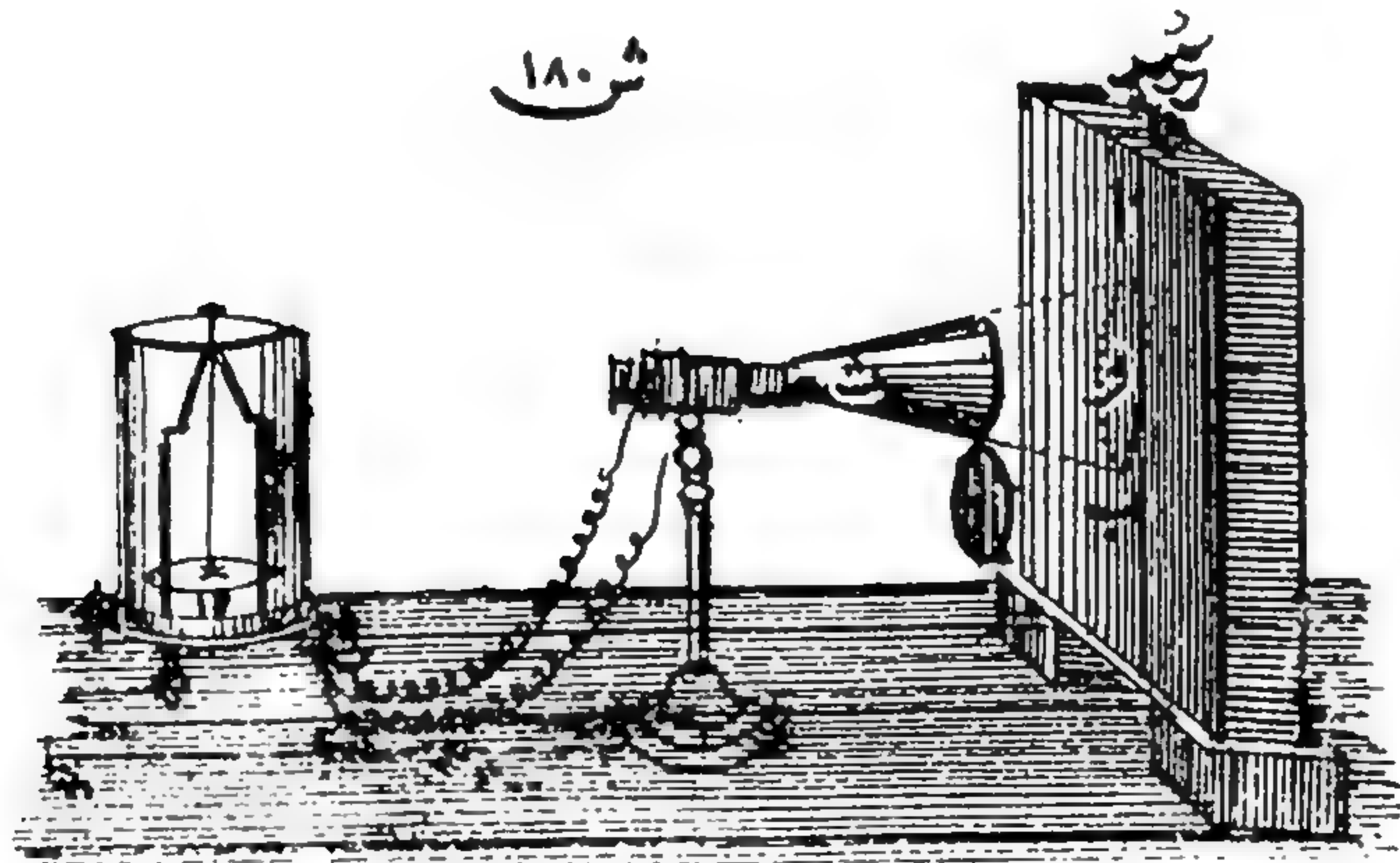
* (٢٦١) *

القانون الاول شدة الحرارة المتشعة تكون على حسب عكس مربع البعد ويمكن اثبات هذا القانون بالتعقل وبالتجربة وفي الواقع لتكن كرة مجوفة ا ب شكل ١٧٩ ذات نصف قطر رما وفي



مركزها يندبوع حراري ثابت ث فكل وحدة من سطح الجدار الداخلي تقبل كمية محدودة من الحرارة فاذا فرض أن نصف قطر الكرة كبر مرتين وصار مقدار ث ف فان سطحها يكبر أربع مرات بمقتضى النظرية الهندسية المعروفة

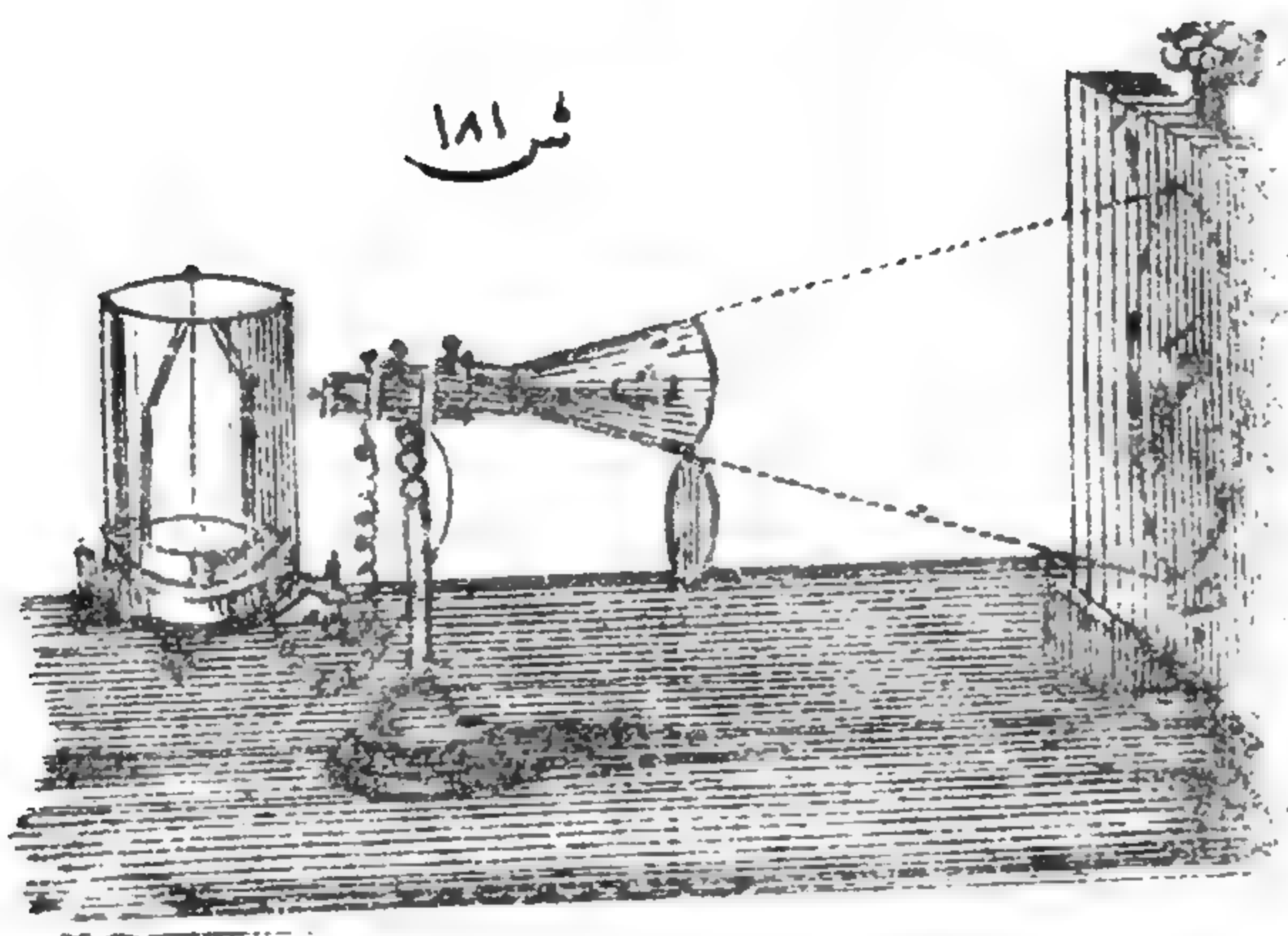
ويحتوى الجدار الداخلي حينئذ على وحدات السطوح أكبر بأربع مرات وحيث ان كمية الحرارة المنبعثة من المركز باقية واحدة فكل وحدة تقبل منها كمية أقل بالضرورة أربع مرات ولاجل اثبات هذا القانون بالتجربة يؤخذ صندوق من التلك ملآن بالماء المسخن ومغطى وجهه المقدم بالهباب كما في شكل ١٨٠



* (٢٦٢) *

يتم وضع أمام هذا الوجه الجهاز المسمى بالترمومتر الحراري الكهربي المنسوب الى ميلو في المقدمة في المبحث الرابع عشر من الباب السادس ويكون العمود متصلًا بعاكسه المخروطي ويكون الجدار الباطني لهذا العاكس مغطى بالذهب لمنع كل شعاع منحرف فاذا كان وجه العمود موضوعاً أولاً في بعد ث و الذي هو ٢٠ سنتيمتراً فان ابرة الترمومتر تزوغ وتقف على درجة ٨٠ مثلاً واذا أُنزل العمود الى

بعد ث و الذي هو ضعف بعد ث و كما في شكل ١٨١



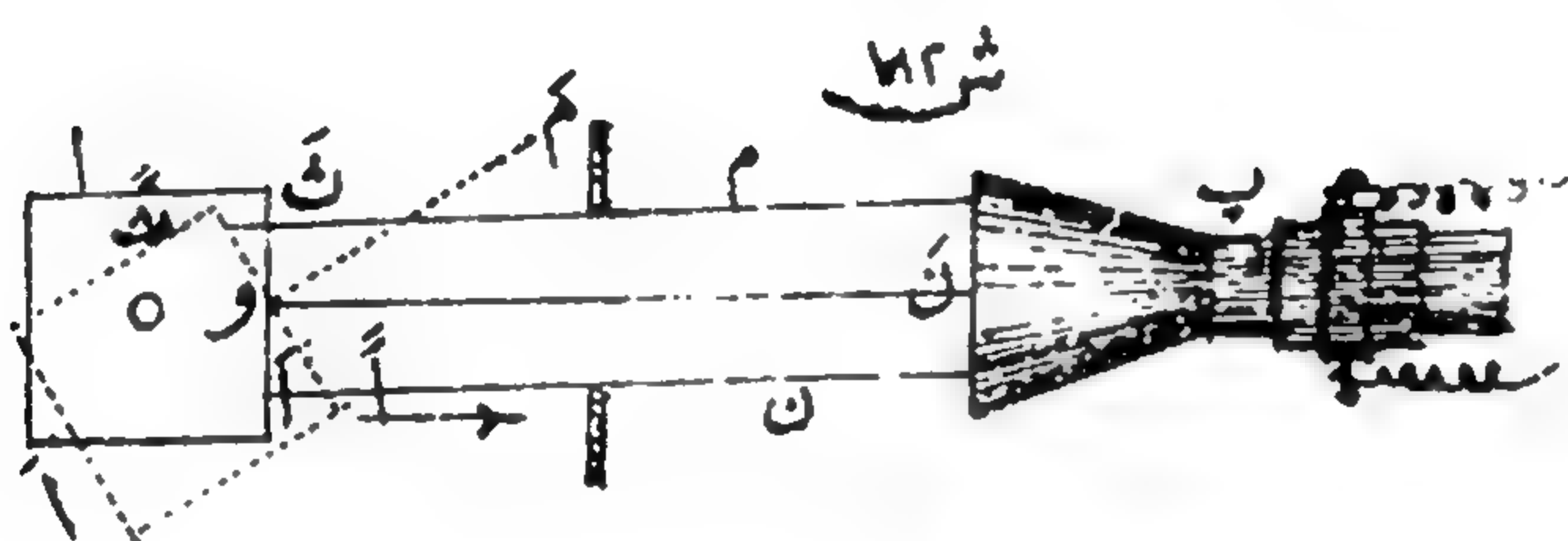
حفظ الجلولو متر نفس الزوغان ٨٠ درجة وهذا يدل على أن العمود يقبل دائماً كمية واحدة من الحرارة ويكون كذلك أيضاً اذا أُنزل الى بعداً كثر بثلاث مرات أو أربعة وهذه النتيجة تظهر ابتداءً أنها مخالفة للقانون المراد اثباته لكنها تثبت في الواقع أن العمود في الوضع الأول لا يقبل الحرارة الا من الجزء المستدير أ ب من جدار الصندوق بخلافه في الوضع الثاني فان الجزء المستدير أ ب هو الذي يرسل الأشعة اليه

ويكون مخروطاً أ ب ث و أ ب ث متشابهين وارتفاع الأول ضعف ارتفاع الثاني وقطر أ ب ضعف قطر أ ب وبالتبعية سطح أ ب قدر سطح أ ب أربع مرات لانه معلوم أن سطح الدائرة متناسب مع مربع شعاعها وحيث ثبت أن السطح

* (۲۶۲) *

السطح المشع للصندوق يزداد كربع البعد والمجسول وانومترياق ثابت فيلزم من ذلك أن
شدة الحرارة المستقبل لها العمود تكون على حسب عكس نفس المربع
ومن المهم ملاحظة أن هذا القانون لا يوافق الا الاشعة الحرارية المتفرقة وأما شدة
الاشعة المتوازية فانها تكون واحدة في جميع الابعاد ما لم يحصل تشرب بالاعواسط
المارة فيها

(القانون الثاني) شدة الاشعة الحرارية البارزة بانحراف من سطح مشع تكون مناسبة لمجيب تمام الزاوية التي تكونها تلك الاشعة مع العمود على نفس السطح ولاجل اثبات هذا القانون ليكن p عمود ميلوني أفقيا ومتصلا مع الجبل وانومتر بواسطة سلكين موصلين a و b مكعبان من التنتك ملائمان بمسختن كما في شكل ١٨٢

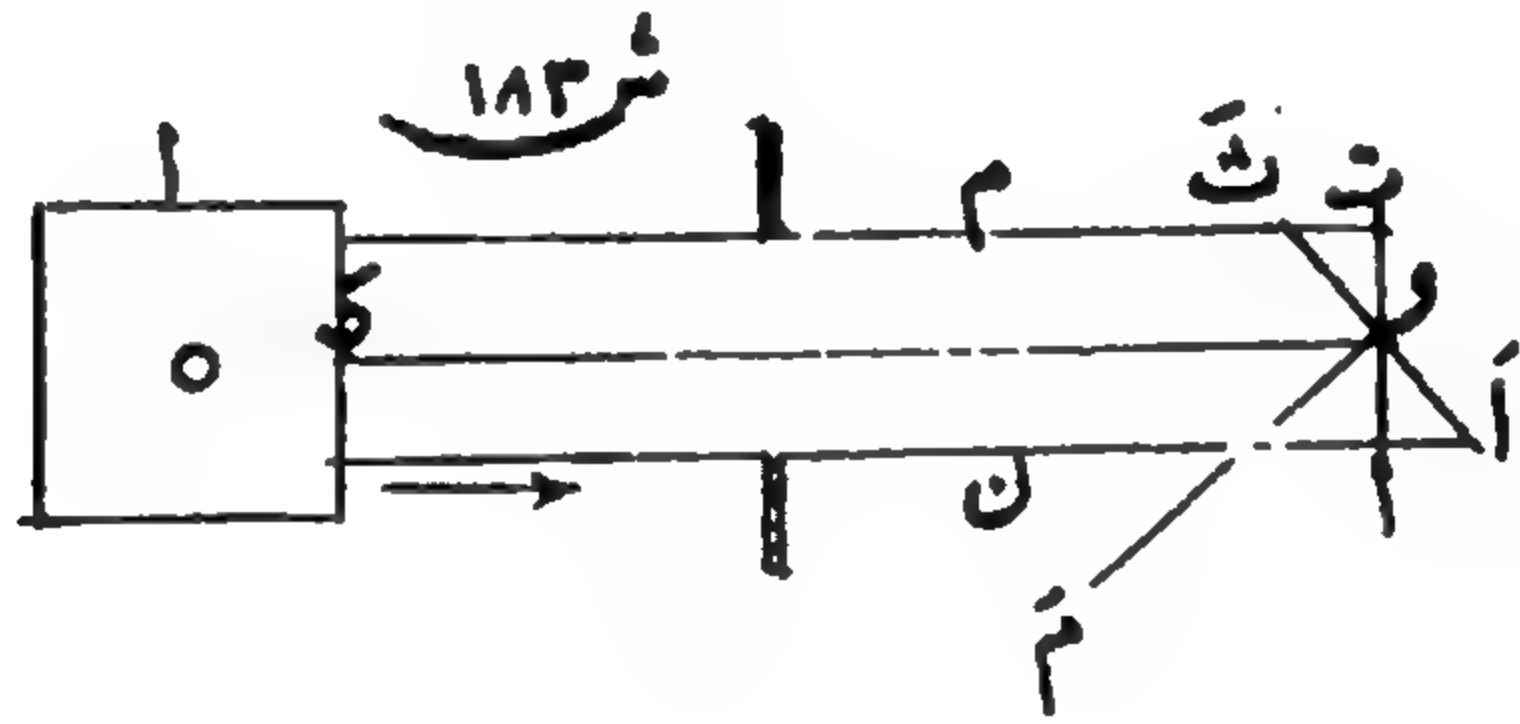


والمكعب كائن أولاً في الوضع ١ بحيث يكون جداره المقدم عمودياً على المحزمية المتوازية م ن الساقطة على العمود فان الجملوا نومتر يظهر بعض زوايا مثل ٤٥ درجة ويكون التشعع منسوباً حينئذ لمجزه آ ث من جدار المكعب فاذا أدير هذا المكعب في الوضع ٢ بحيث يصير جداره المقدم منصرفاً على حزمة م ن يشاهد أن الجملوا نومتر يستمر على اظهار ٤٥ درجة ويكون السطح المشعع الآن آ ث أكبر من آ ث واذا رمزنا بحرفى لشدة الاشعة العمودية على آ ث وبحرفى لشدة الاشعة المنحرفة على آ ث حيث ان التأثير واحد في الحالتين كانت الشدتان ضرورة بنسبة عكسية لسطحي آ ث وآ ث وبصير حينئذ ي X في سطح آ ث

$$= \text{سطح آ ث} \times \text{سطح آ ث} \quad (١)$$

* (٢٦٤) *

وحيث ان سطح $آت$ مسقط سطح $آت$ فيحصل بقتضى ما هو مقرر في حساب
 المثلثات ان سطح $آت =$ سطح $آت$ جتا $آو$ أو سطح $آت =$ سطح $آت$
 جتا $م و$ حيث ان زاويتي $م و$ و $آو$ متساويتان لان أضلاعهما
 متعامدة وبأخذ قيمة سطح $آت$ في معادلة (١) وحذف المضروب المشترك يصير
 $ي = ي$ جتا $م و$ وبهذا يثبت القانون وهذا القانون المعروف بقانون جيب
 التمام ليس عامًا وفي الواقع قد أثبت بعضهم أنه لا يتحقق الا في الحالة التي تفقد فيها
 الاجسام القوة العاكسة مثل هباب الدخان كما سيأتي في بحث القوة العاكسة
 (القانون الثالث) شدة الاشعة الحرارية الساقطة بانحراف على سطح تكون مناسبة
 لجيب تمام الزاوية التي تحدتها الاشعة الساقطة مع العمود على السطح ويثبت هذا
 القانون بنفس الكيفية المتقدمة وفي الواقع يمكن ينبوع حراري مستمر $ا$ وحزمة
 متوازية $م ن$ ساقطة عموديا على سطح مستو وليكن $آت$ جزء هذا السطح المستقبل
 الحزمة كما في شكل ١٨٣



فاذا أميل هذا السطح على حسب $آت$ قبل جزء $آت$ الاكبر من جزء $آت$ نفس
 كمية الحرارة من حرارة الحزمة $م ن$ لكن حيث ان هذه الحرارة متوزعة على سطح
 أكبر فتضعف شدتها ويصير أيضا $ي \times$ سطح $آت = ي \times$ سطح $آت$
 ويستنتج من ذلك بنفس الحساب المتقدم $ي = ي$ جتا $م و$ وبهذا يثبت
 القانون الثالث

* (المبحث

* (٢٦٥) *

* (المبحث الرابع في تعادل أى توازن الحرارة الانتقالية) *

وضع فرضان على التشعع وفرض في الأول منهما أنه متى وجد جسمان مختلفا الحرارة حصل التشعع فقط من الجسم الاكثر حرارة جهة الجسم الاكثر برودة ولا يبرز الجسم البارد شيئا جهة الجسم الساخن وتختفض حرارة الجسم الاكثر حرارة بالتدريج الى أن تساوى حرارة الجسم الآخر وحينئذ يقطع التشعع واستبدل هذا الفرض بالفرض الآخر في المنسوب الى بر يوست من جنوا وعلى رأيه فجميع الاجسام مهما كانت حرارتها فانها تبرز حرارة في جميع الجهات وحينئذ فيوجد فقد أى تبريد للاجسام التي حرارتها اكثر ارتفاعا لان الاشعة التي تبرزها تكون اكثر شدة من الاشعة التي تقبلها وبالعكس يوجد كتناسب حرارة أى ان الاجسام التي حرارتها اقل ارتفاعا تسخن ويأتى زمن فيه تعادل أى توازن حرارة الاجسام لكن توجد ايضا معاوضة للحرارة بين الاجسام وكل منها يقبل على قدر ما يبرز فقط وهذا هو سبب بقاء الحرارة ثابتة وهذه الجملة هي المسماة بتعادل أى توازن الحرارة الانتقالية أو المتحركة

* (المبحث الخامس في قانون نيتون على التبريد) *

لا يبرد الجسم في الفراغ أو يسخن الا بالتشعع أو بالتشرب وأما في الهواء فيبرد أو يسخن زيادة عن ذلك بلامسته مع الهواء وسرعة التبريد أو التسخين في الحالة هي كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة في وحدة الزمن وتكون أكثر كلما كان اختلاف درجة الحرارة عظيما وتكون أعظم في الغازات مما في الفراغ وتغير على حسب طبيعة الغازات فتكون أعظم في الايدروجين مثلا مما في الهواء وبالمجمل فانها تتعلق أيضا بالقوة البرازية للجسم الذي يبرد ويزيادة حرارته على حرارة الوسط وبالضغط وقد وضع نيتون القانون الآتي لتبريد وتسخين الاجسام وهو أن كمية الحرارة التي يفقدها الجسم أو يكتسبها في وحدة الزمن تكون مناسبة للفرق بين حرارته وحرارة الوسط

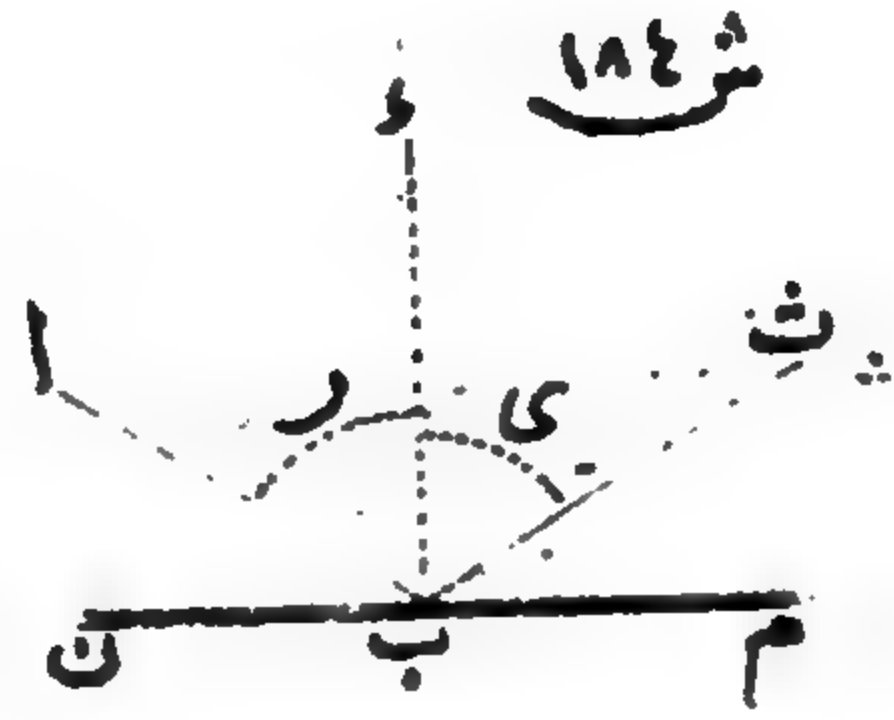
وذكر كل من دولونغ و بويتان هذا القانون ليس عاما وانه لا ينبغي استعماله الا في اختلافات الحرارة التي لا تزيد على ٢٠ درجة وفيما فوق ذلك تكون كمية الحرارة المفقودة أو المكتسبة أكثر مما في القانون المذكور

* (المبحث السادس في قوانين الانعكاس) *

* (٢٦٦) *

مئى سقطت الاشعة الحرارية على سطح جسم انقسمت الى قسمين أحدهما ينفذ فى كتلة
الجسم والثانى ينعكس بالسطح كانعكاس كرة مرنة
فاذا عبرنا بحرفى م ن شكل ١٨٤ .

عن سطح مستو عاكس وبحرفى ث ب
عن الشعاع الساقط وبحرفى ب د عن
المخت العمودى على السطح وبحرفى ب ا
عن الشعاع المنعكس قبل زاوية ث ب د
زاوية السقوط وزاوية د ب ا زاوية
الانعكاس

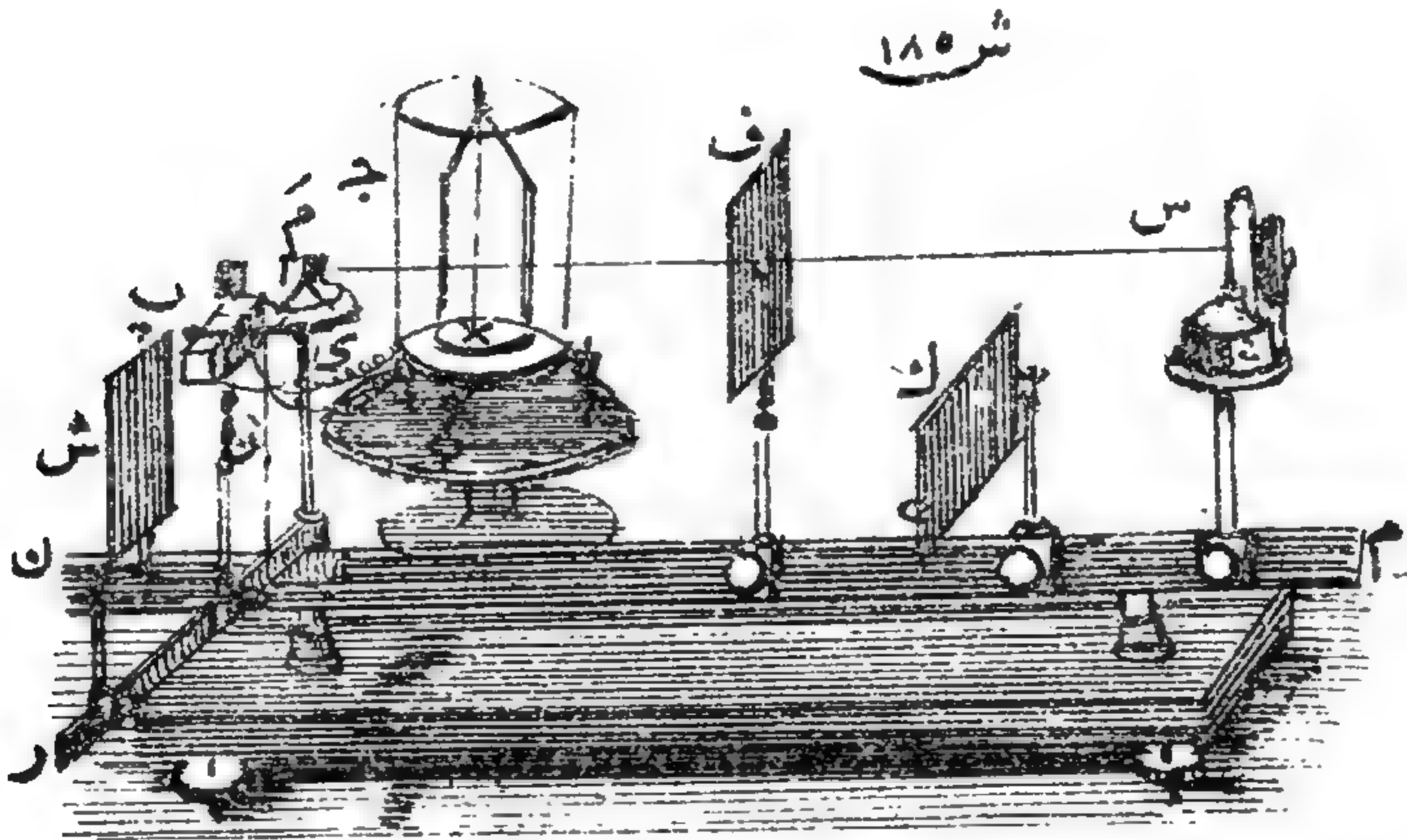


اذا علمت ذلك فانعكاس الحرارة منقاد مثل

انعكاس الضوء للقانونين الاتيين الاول ان زاوية الانعكاس تساوى زاوية السقوط
الثانى ان الشعاع الساقط والمنعكس يكونان فى مستو واحد وعمودى على السطح
العاكس

* (المبحث السابع فى اثبات قانونى انعكاس الحرارة بالتجربة) *

هذان القانونان يثبتان بالتجربة بواسطة جهاز ميلونى المسمى ترمومتر بيليكاتور
أ وبواسطة المربيات المقعرة كما سيأتى وشكل ١٨٥



نوضح كيفية فعل التجربة بجهاز ميلوني وهي ان تثبت قطع مختلفة بواسطة برمضاغة على مسطرة أفقية م ن طولها متر ومنقسمة الى ميليمترات وفي س ينبوع حراري وهو امامكعب من نحاس أصفر مملوء بماء درجته ١٠٠ أو سالك من بلاتين مسخن للدرجة البيضاء في لمب المصباح الكوكبي وفي ك حجاب حاجز يمنع الاشعة الحرارية الا تيسر من ينبوع متى رفع وفي ف حجاب حاجز ثان مثقب وب من مركزه تمر من ثقبه خزمة متوازية وفي الطرف الثاني للمسطرة ساق ي حامل لمينا مدرجة صفرها يقابل اتجاه مسطرة م ن وبالتعبية اتجاه خزمة س م والمينا مثقوبة من مركزها بثقب يدور فيه محور حامل لمرآة معدنية مستوية م وحول ساق ي تتحرك حركة خالصة مسطرة ر المثبت عليها العمود الحراري الكهربائي ب المتصل مع الجولانومتر ج ومثبت بين العمود والمينا المدرجة على المسطرة ساق ن منح من قته ليسين على المينا المدرجة للاتصالات الزاوية للمسطرة وبالجولة في حمل على المسطرة حجاب حاجز ش كائن بين ينبوع الحراري والعمود لكي لا يقبل العمود الا الحرارة المنعكسة بالمرآة والحجاب الحاجز المذكور ليس مبينا في الرسم في محله لكي لا يستر العمود

اذا علمت هذه التفاصيل فتفعل التجربة بخفض الحاجز ك أولا فتمر الخزمة الحرارية حالا من فتحة الحاجز ف وتقع على مرآة م وتنعكس عليها فاذا لم تكن المسطرة في اتجاه الخزمة المنعكسة فلا تتقابل الخزمة مع العمود ويبقى الجولانومتر ثابتا لكن اذا دبرت المسطرة ببطء فانه يوجد وضع فيه بين الجولانومتر أعظم زوغان ويحصل ذلك متى استقبل العمود الخزمة الحرارية المنعكسة فاذا عين حينئذ على المينا المدرجة اتجاه الابرة الصغيرة العمودية على المرآة الميمنة لمخطها العمودي شوهد انها تقسم الزاوية المتكونة بالخزمة الساقطة والمنعكسة الى قسمين متساويين وبهذا ثبت القانون الاول والقانون الثاني مثبت ايضا بنفس التجربة لان قطع الجهاز المختلفة منتظمة بحيث ان الاشعة الساقطة والمنعكسة تكون في سطح أفقي وبناء على ذلك يكون هذا السطح عموديا على السطح العاكس الرأسى وانعكاس الحرارة المائل لمساذا كرا يحصل الا في اتجاه واحد وهذا هو الانعكاس المنتظم

* (٢٦٨) *

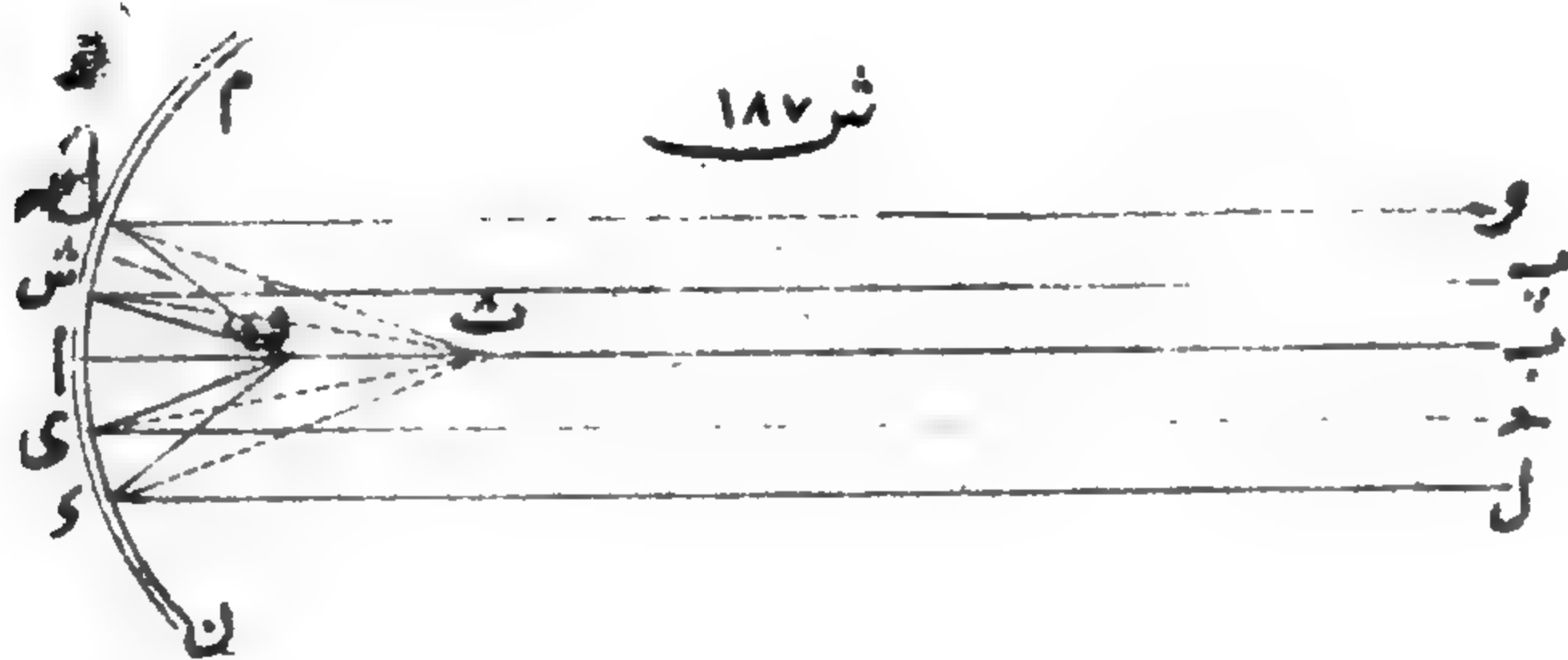
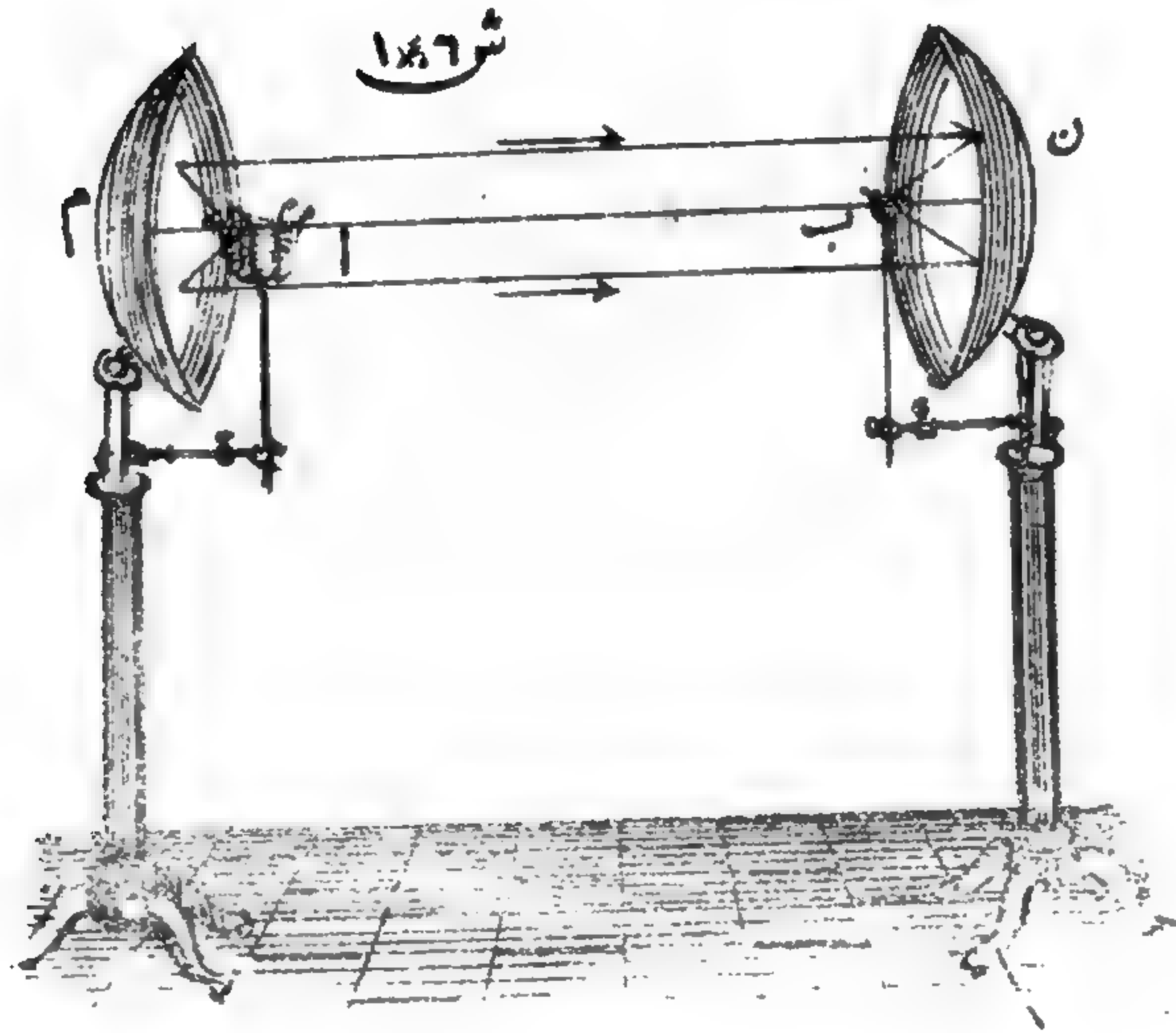
وحيث ان جميع الاجسام تعكس الحرارة كثيرا أو قليلا في جميع الجهات فهذا
الانعكاس يسمى الانعكاس الغير المنتظم

* (المبحث الثامن في الانعكاس على المرايا المقعرة) *

المرايا المقعرة أو العاكسة هي سطوح كروية أو مكافئة من معدن أو من زجاج
تستعمل لجمع الاشعة الضوئية أو الحرارية في نقطة واحدة

ولانعتبر هنا الا المرايا الكروية وشكل ١٨٦

يوضح اثنين من هذه المرايا وشكل ١٨٧



تُعطى قطاعهما الاصلى والمركز ث للكرة المنسوبة اليها المرآة يسمى مركز الانحناء
ونقطة ا الكائنة في وسط العاكس هي مركز الشكل ومستقيم ا ب المتصل بهاتين
النقطتين هو المحور الاصلى للمرآة

ولاجل ان نطبق على المرايات الكروية قوانين الانعكاس على السطوح المستوية نعتبر
انها متكونة من سطوح مستوية صغيرة جدا ينسب كل منها الى السطح المماس المقابل له
وهذا الفرض يسمع لان يستنتج بالهندسة ان الاعمدة على هذه السطوح الصغيرة يجمع
جميعها في مركز الانحناء

ولنفرض ان على المحور ا ب لمرآة م ن ينبوع حرازي في بعد كاف بحيث ان الاشعة
م ن ل و ك و ب ش وغيرها الخارجة منه يمكن اعتبارها موازية لبعضها فعلى
مقتضى الفرض المتقدم وهو كون المرآة متكونة من اصول مستوية صغيرة جدا ينعكس
شعاع و ك على الاصل ك بالضبط كانه عاكس على المرآة المستوية اعني حيث ان ث ك
هو العمود على هذا الاصل فيأخذ الشعاع اتجاه ك ف بحيث تكون زاوية ث ك ف
مساوية لزاوية ث ك و وبهذه الكيفية تنعكس اشعة ب ش و ح و غيرها
فجميع هذه الاشعة تجتمع بعد انعكاسها في نقطة ف الموضوعة في وسط ا ث كما
سنوضح ذلك في باب الضوء ويوجد اجتماع الاشعة الحرارية حيث تدفئ ف وبناء
على ذلك يوجد في ارتفاع درجة الحرارة اعظم مما في جميع النقط الاخرى من ذلك ينتج
اسم البورة الذي سميت به هذه النقطة ومسافة ف ا من البورة الى المرآة تسمى
المسافة البورية

وفي الشكل المذكور تنتشر الحرارة على حسب خطوط و ك ف و ل و ف في اتجاه
السهم وبالعكس اذا كان الجسم الساخن موضوعا في ف انتشرت الحرارة على حسب
خطوط ف ك و و ف و ل وتصير الاشعة الخارجة من البورة بعد الانعكاس
موازية لبعضها وينتج من ذلك ان الحرارة المنتشرة تميل حينئذ لحفظ شدة واحدة

(المبحث التاسع في تحقيق قوانين الانعكاس بالمرايات المقعرة)

التجربة الاتية التي فعلت اول مرة في جنوه بواسطة بيكني و سوسور تثبت وجود
البورة وتثبت قوانين انعكاس الحرارة في زمن واحد
وهي ان ينظم عاكسان م ن كافي شكل ١٨٦ المتقدم بحيث ينطبق محور

* (٢٧٠) *

أحدهما على محور الآخر وتعمل المسافة بينهما خمسة أمتار أو ستة ثم يوضع الحجر المتقد في بورة أحدهما في قلنسوة من سلك حديد ١ وفي بورة الآخر جسم قابل للاهتباب ب كالصوفان مثلا فالاشعة الخارجة من الزنبوع ١ تنعكس أول مرة على مرآة م وتأخذ بفعل الانعكاس اتجاهها موازيا لل محور كما تقدم ثم تنعكس مرة ثانية على العاكس الثاني وتختصم في بورة ب والذي يثبت ذلك التهاب قطعة الصوفان الموضوعة في هذه النقطة بخلاف ما إذا كانت موضوعة بعيدا عن البورة من الامام أو الخلف فانها لا تحترق

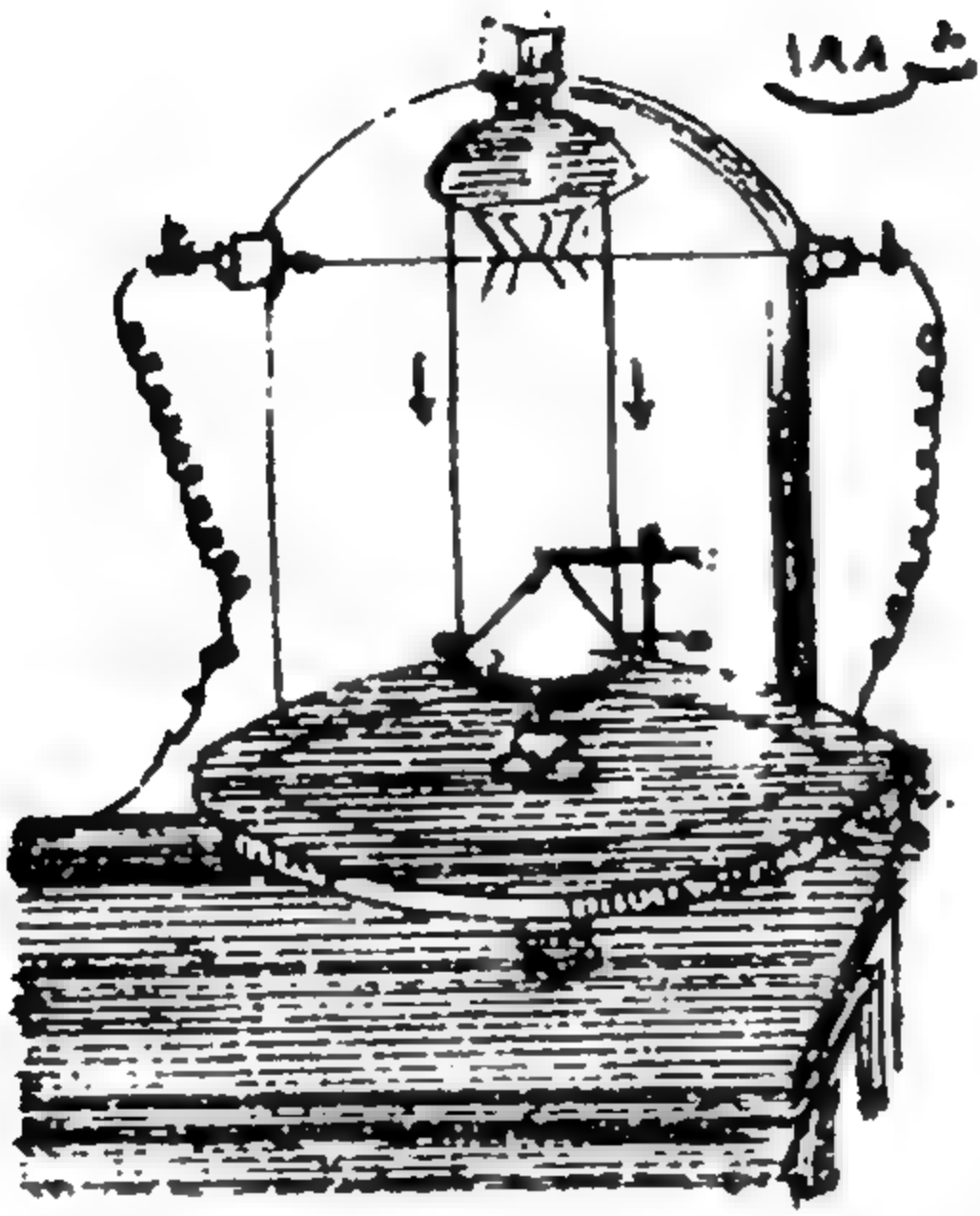
وينتج من التجربة المذكورة ان الحرارة تنعكس على حسب نفس قوانین انعكاس الضوء وفي الواقع اذا وضع شمعة متقدمة في بورة ١ التي كان فيها الحجر وفي بورة ب حجاب طيز صغير من زجاج غير مصقول أو من الورق شوهده على هذا الحجاب بورة ضوئية في نفس النقطة التي احترق فيها الصوفان بالضبط وحيث ان الضوء حصل الانعكاس في الحالتين تبعاً لنفس القوانين وحيث انه سيبهرن في باب الضوء على ان زاوية الانعكاس تساوي زاوية السقوط وان الشعاع الساقط والشعاع المنعكس يكونان في مستوي واحد عمودي على السطح العاكس فيكون كذلك في الحرارة

(المبحث العاشر في المرايات المحرقة)

المرايات المحرقة هي المرايات المقعرة التي تحصل في بورتها حرارة شديدة ويحكى ان ارشميدس أحرق سفن الرومانيين امام سيراكوس بواسطة مرايات مشابهة لذلك وركب بوفون مرايات محرقة قوتها تثبت ان الفعل المنسوب الى ارشميدس ممكن وكانت هذه المرايات المحرقة متكونة من عدد كثير من مرايات مستوية مقصودة طول الواحدة منها ٢٢ سنتيمتر وعرضها ١٦ سنتيمتر ويمكن تدوير كل منها في أى اتجاه بحيث تأتي الاشعة المنعكسة على كل منها وتجتمع في نقطة واحدة وبواسطة ١٢٨ مرآة مستوية وحرارة الصيف الشديدة حرق بوفون لوحا من خشب مقطرن في بعد ٦٨ مترا وباستقبال أشعة الشمس على مرآة مقعرة من النحاس الاصفى قطرها متر وشعاع انحنائها متران تحصل في بورتها حرارة شديدة بحيث اذا وضع فيها السليمن أو النحاس أو الفضة أخذ في السيجان بعد بعض دقائق

(المبحث الحادي عشر في الانعكاس في الفراغ)

* (٢٧١) *



المحـرارة تنعكس في الفراغ كما تنعكس في الهواء ولا ثبات ذلك تفعل التجربة الآتية المنسوبة الى دافى وهى أن يوضع تحت ناقوس الآلة المفرغة عاكسان صغـيران متواجهان كما في شكل ١٨٨ في بورة أحدهما ترمومتر كثير الاحساس وفي بورة الاخر ينبوع من حرارة الكهربية وهوسلك من البلاتين يجعل مجرا يمر و التيار الكهربي في فيه فيصعد الترمومتر حالاً بجملة درجات وينسب ذلك للحرارة المنعكسة لان الترمومتر لا يعطى نفس ارتفاع الحرارة اذا لم يكن في بورة العاكس الثاني بالضبط

* (المبحث الثاني عشر في انعكاس البرودة الظاهري أى الصورى) *

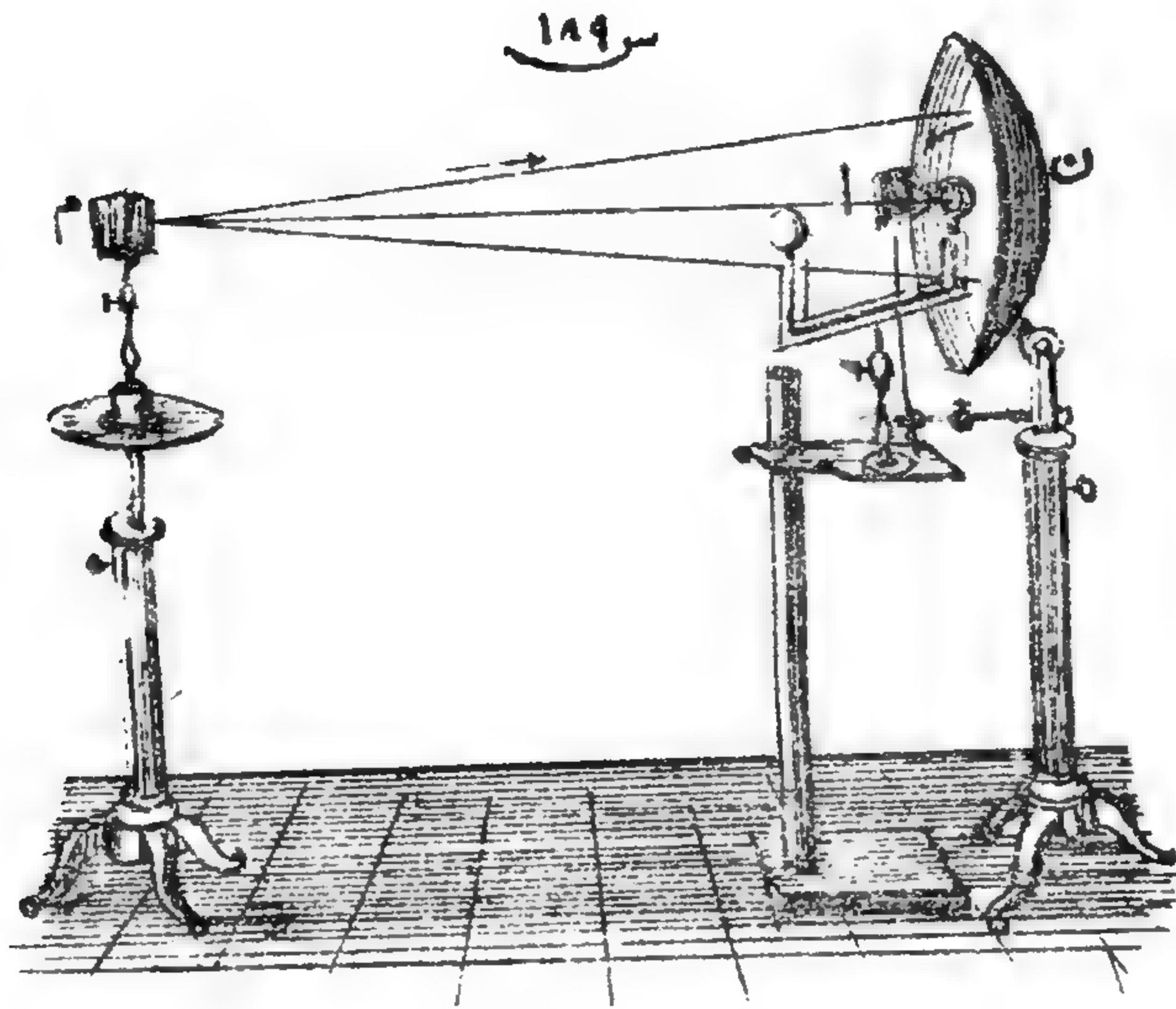
اذا نظم عاكسان متواجهان كما في شكل ١٨٦ المتقدم و وضع في بورة مرآة م قطعة من الجليد أو مخلوط مبرد بدل الحجر وكانت درجة الهواء المحيط ١٢ أو ١٥ درجة مثلاً أظهر الترمومتر الاختلاف في الموضوع في بورة المرآة الاخرى انخفاض الحرارة بجملة درجات وهذه الظاهرة تظهر أولاً لانها ناشئة عن تشعع البرودة البارزة من الجليد وانعكاسها على المرآتين لكن يفسر هذا الانعكاس الصورى بمقتضى ما قيل في مبحث تعادل أى توازن الحرارة الاتقالية التى تعميل دائماً الى ان تنتظم بين جميع الاجسام وذلك ان الترمومتر من حيث انه أسخن الاجسام التى حوله فتكون شدة الاشعة المنبعثة منه أقوى من شدة الاشعة المنبعثة اليه من الجليد وليس هناك تعادل بين الحرارة المنبعثة منه والمنبعثة اليه فيبرد وهذا هو سبب احساسنا بالبرودة اذا قربنا من أى جسم درجة حرارته أقل من درجة حرارتنا

* (المبحث الثالث عشر في القوة العاكسة) *

القوة العاكسة لمجسم هى خاصية انعكاسه جزءاً قليلاً وكثيراً من الحرارة الساقطة عليه

(٢٧٢)

وتختلف القوة العاكسة من جسم الى آخر ولأجل دراسة هذه القوة على أجسام مختلفة بدون أن تعمل منها جلة هواكس نظم ليلى تجاراً به كما يظهره شكل ١٨٩



فينبوع الحرارة هو مكعب م مملوء بماء درجته ١٠٠ ومثبت على محور العاكس ن بين البورة والمرآة لوح ١ من الجسم الذي يبحث عن قوته العاكسة وبهذا التنظيم فالاشعة التي تخرج من الينبوع وتنعكس أول مرة على المرآة تقابل لوح ١ وتنعكس عليه ثانياً وتكون بورتها بين اللوح والمرآة في نقطة توضع فيها كرة الترمومتر الاختلافي وحيث أن العاكس والترمومتر باقيا في محلهما وما الماكعب كائن دائماً في درجة ١٠٠ فيشاهد أن الحرارة المبينة بالترمومتر تختلف مع اختلاف لوح ١ ولا يستنتج من ذلك القوة العاكسة لجسم فقط بل ونسبة قوة هذا الجسم الى قوة جسم آخر مأخوذة حدداً للقبالة وتكون الحرارة المبينة بهذه الآلة مناسبة لكمية الحرارة التي تقبلها وبناء على ذلك إذا مشى الترمومتر الاختلافي درجة واحدة بلوح من الزجاج مثلاً ومشى ست درجات بلوح من الرصاص يستنتج من ذلك أن كمية الحرارة المنعكسة بالرصاص تكون أكثر من كمية الحرارة المنعكسة بالزجاج ست مرات لأن الحرارة البارزة من الينبوع واحدة ومرآة ن عكست منها مقداراً واحداً والاختلاف لا يمكن

* (٢٧٣) *

لا يمكن تعلقه الا بالقوة العاكسة لكل من اللوحين
وبهذه الطريقة مع تقدير القوة العاكسة للنحاس الاصفر ١٠٠ وأخذها حدا للمقابلة
صنع ليلى جدول القوى العاكسة النسبية الآتى

نحاس أصفر مصقول	١٠٠	حبر الصين	١٣
فضة	٩٠	قصدير ممتلغ	١٠
قصدير	٨٠	زجاج	١٠
صلب	٧٠	زجاج مدهون بالزيت	٥
رصاص	٦٠	نيكل	٠

وهذه الاعداد لا تبين الا القوة العاكسة النسبية بالنسبة للنحاس الاصفر أعنى النسبة
بين كمية الحرارة التى تعكسها هذه الاجسام وكمية الحرارة التى يعكسها النحاس الاصفر
فى نفس الاحوال وتكون قوتها المطلقة نسبة كمية الحرارة المنعكسة الى كمية الحرارة
المستقبلة

وميلونى هو أول من عين بواسطة الترمومتر وواتيليكاتور القوة العاكسة المطلقة لبعض
الاجسام وبروفوستاى وديسين اللذان عيناهما الكثير من المعادن نظما للجهاز كما هو
فى شكل ١٨٥ المتقدم فبرفع لوح م وادارة مسطرة ر الى أن تصير فى استقامة
مسطرة ن يقبل العمود الحرارة من الينبوع مباشرة فاذا بين الجملوانومتر ١٨ درجة
مثلا فيوضع حينئذ على المينة المدرجة لوح م الجيد الصقل من المعدن الذى يبحث
عن قوته العاكسة وتدار المسطرة الى ان يقبل العمود الحرارة المنعكسة باللوح وحيث
ان الجملوانومتر يبين فى هذه الحالة زوفاً أقل ولا يمكن ١٥ درجة فينتج من ذلك أن
قوة اللوح المطلقة هي $\frac{10}{18}$ وهكذا وجد كل من بروفوستاى وديسين القوى المطلقة
الآتية والمحال أن انعكاس الحرارة كائن على زاوية تساوى ٥٠ درجة

لوح من الفضة	٠.٩٧	من الصلب	٠.٨٢
من الذهب	٠.٩٥	من النحاس	٠.٨١
من النحاس الاصفر والاحمر	٠.٩٣	من الحديد	٠.٧٧
من البلاتين	٠.٨٣	من زهر الحديد	٠.٧٤

* (٢٧٤) *

وسنذكر في مبحث الاسباب التي تنوع القوى العاكسة الاسباب التي تنوع القوة العاكسة للجسم الواحد

* (المبحث الرابع عشر في القوة التشرية) *

القوة التشرية للأجسام هي الخاصية التي بها تشرب الأجسام المذكورة مقدارا كثيرا أو قليلا من الحرارة الاتية اليها ومقدارها المطلق هو نسبة كمية الحرارة المتشربة الى كمية الحرارة الواصلة وقال تسدال ان التشرب يتعلق بالتوافق الذي يوجد بين اهتزاز العناصر التي تصدر عنها الموجات الاتيرية وبين اهتزاز العناصر التي تصدمها هذه الموجات

وهذا يفسر كيفية تشرب بعض الأجسام للحرارة أكثر من البعض الآخر وقوة التشرب بمجسم تكون دائما في ترتيب مصادق لقوة انعكاسه أعني كلما كان المجسم يعكس الحرارة كثيرا كان تشربه للحرارة قليلا وكلما كان كثير التشرب للحرارة كلما كان قليل الانعكاس لها لكن القوتان ليستا ثابتتين أعني أن مقدار كيتي الحرارة المنعكسة والمتشربة لا يبين جميع الحرارة الواصلة للجسم أي لا يكون مساويا لها بل يكون دائما أقل وهذا ناشئ عن انقسام الحرارة الواصلة الى ثلاثة أجزاء أحدها يتشرب وثانيها ينعكس بانتظام على حسب قوانين الانعكاس المتقدمة وثالثها ينعكس بدون انتظام أعني في جميع الجهات ويسمى بالحرارة المتشتتة وسنذكر قريبا أنه يعتبر في بعض الأجسام جزء رابع من الحرارة وهو الذي يعرف وسطها واستعمل ليلى لاجل تعيين القوة التشرية للأجسام الجهاز المتقدم في شكل ١٨٦ المستعمل للمبحث عن القوة العاكسة وأزال لوح ١ ووضع كرة الترمومتر الاختلافي في بورة المراة العاكسة وكانت هذه الكرة تغلف على التوالي بالهباب والورنيش وأوراق الذهب والفضة والنحاس وغيرها فكان الترمومتر تحت تأثير الينبوع م بين حرارة أكثر ارتفاعا كلما كان الجسم المغطى بالكرة يمتص كثيرا من الحرارة وبهذه الكيفية أثبت ليلى أن القوة التشرية بمجسم تكون أعظم كلما كانت قوته العاكسة أكثر ضعفا ومع ذلك فلا يمكن في هذه التجارب أن يستنتج نسبة القوى التشرية من نسبة درجات الحرارة المبينة بالترمومتر لأن قانون يتون هنا ليس مطبقا بالدقة لكن سنذكر في مبحث تساوي

(٢٧٥)

تساوى القوة التشرية والقوة الابرازية كيف نستنتج نسب القوى التشرية من
نسب القوى الابرازية

وعين ميلونى القوى التشرية النسبية بواسطة جهازه بالكيفية الآتية وهو أنه ثبت
أمام العمود الحرارى ألواح رقيقة من نحاس أسطحها المقابلة للعمود مغطاة بالهباب
والسطح الآخر المستقبل أشعة ينبوع الحرارة مغطى بالجسم الذى يبحث عن قوته
التشرية كطبقة من الاسفيداج أو من صمغ اللك أو فرخ ورق أو ورقة من الذهب
أو القصدير مثلا فيتشرب هذه الاجسام المختلفة كثيرا أو قليلا من الحرارة الواصلة
تسرع ألواح النحاس جهة العمود الحرارى بدون مساواة وبين الجملوا نومترزوغانات
مختلفة فجعل ينبوع الحرارة مكعب ليلى المملوء بماء فى درجة ١٠٠ واعتبار القوة
التشرية للهباب ١٠٠ وجد ميلونى حيث أن القوى التشرية النسبية الآتية

هباب	١٠٠	حبر الصين	٨٥
اسفيداج	١٠٠	صمغ اللك	٧٢
غراء السمك	٩١	معادن	١٣

(المبحث الخامس عشر فى القوة الابرازية)

القوة الابرازية للاجسام هى خاصية ابرازها مقدارا كثيرا أو قليلا من الحرارة مع
تساوى درجة الحرارة والسطح المبرز

وقد عين لى أيضا بواسطة الجهاز الموضح فى مبحث القوة العاكسة القوة الابرازية
للاجسام وذلك أنه وضع كرة الترمومتر الاختلافى فى بورة العاكس وجعل وجوه
المكعب م من معادن مختلفة أو غطاها بمواد مختلفة كالهباب والورق وغيرهما وملا
المكعب بالماء درجة ١٠٠ وجعل بقية الشروط بعينها ثم أدار على التوالى جهة
العاكس كل سطح من المكعب وبين درجات الحرارة التى علمت بواسطة الترمومتر
فظهر له أن الحرارة المنبعثة من وجه المكعب المغطى بالهباب اكبر من الحرارة المنبعثة
من أى وجه من بقية وجوهه وأن الحرارة المنبعثة من وجوه المكعب المعدنية هى
الاقل درجة وباستعمال قانون نيوتن هنا وتقدير الحرارة البارزة من الهباب ١٠٠
صنع لى الجدول الآتى للقوى الابرازية النسبية

* (٢٧٦) *

٨٥	غراء سمك	١٠٥	هاب الدخان
٤٥	رصاص كافي	١٠٠	اسفيداج
٢٠	زئبق	٩٨	ورق
١٩	رصاص براق ازبلات عنه الوساخته	٩٥	سمع الختم
١٥	حديد مصقول	٩٠	زجاج أبيض معتاد
١٢	قصدير ذهب فضة نحاس الخ	٨٨	حبر الصين

وبالتأمل في هذا الجدول يشاهد أن ترتيب الاجسام فيه عكس ترتيبها في جدول القوى العاكسة وعين ميلوفى القوة البرازية كما عينها يلي بكيفية موضحه في المطولات

* (المبحث السادس عشر في تساوى القوى التشرية والابرازية) *

لا يمكن استنتاج القوة التشرية من القوة العاكسة لانه شوهد في مبحث القوى التشرية أن احدها ليست مساوية للآخرى بالدقة لكن القوة التشرية تصبح متعينة اذا ثبت أن القوى التشرية والقوى البرازية متساوية في الجسم الواحد وقد ثبت ذلك بواسطة الجهاز الآتى المنسوب الى ريتشى وهذا الجهاز ليس هو الا ترمومتر

اختلافيا استعوضت كرتاه الزجاج

بموضين اسطوانيين ب و ث من معدن

مملوءين بالهواء كما فى شكل ١٩٠

وبينهم أحوض ثالث ا اكبر منهما

ومما هم فى الشكل ويمكن ملؤه بالماء

الساخن بواسطة فتحة فيه وزيادة على

ذلك فهو متحرك ويمكن تقريبه كثيرا

أو قليلا من ب أو ث وبالمجالة فقواعد

هذه الثلاث اسطوانات المتقابلة تكون

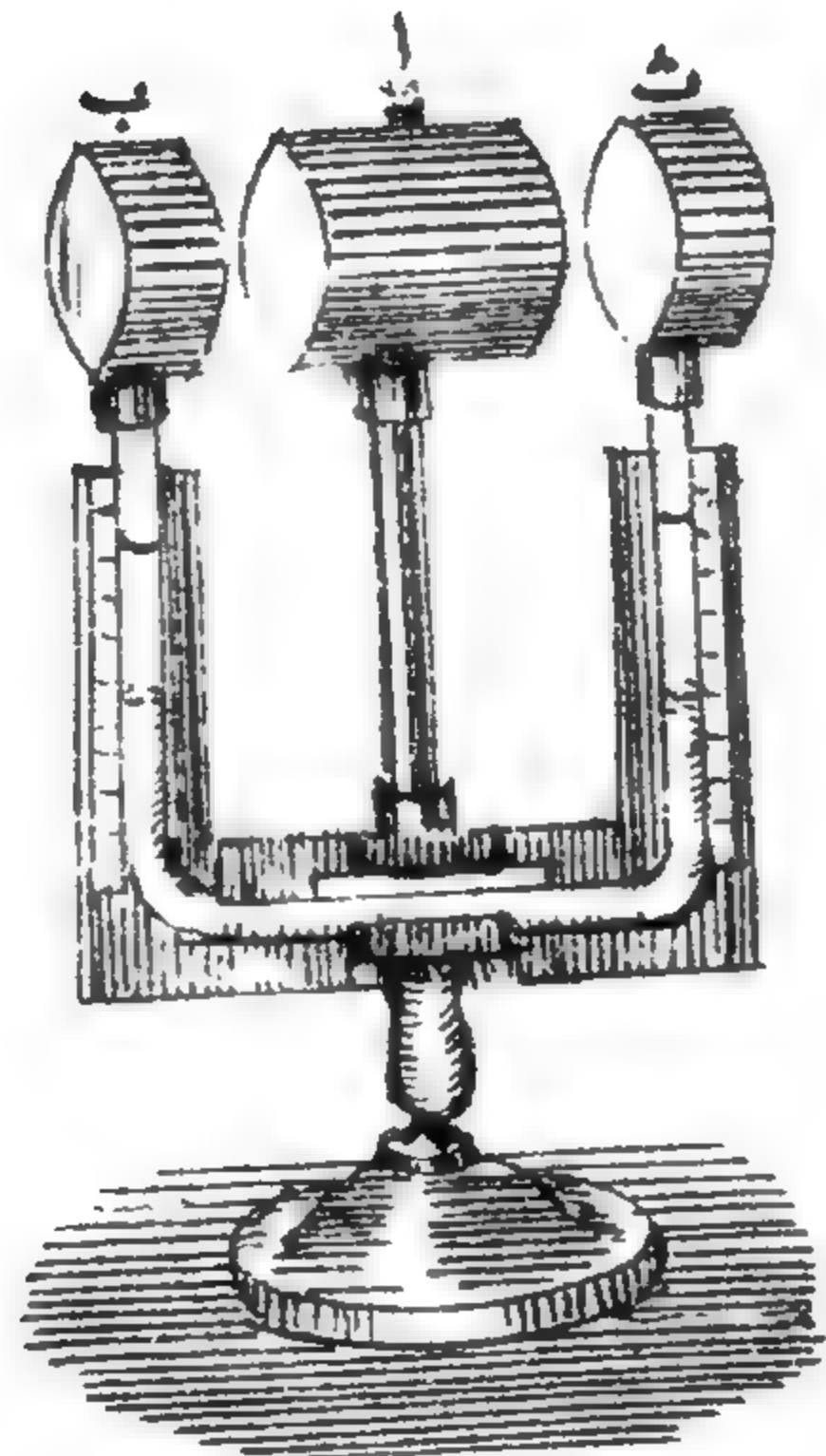
بيضا وسوداء على التوالي أعنى أن

سطحي ب و ا المتجهين جهة عين

الشكل مغطيان بالهاب و سطحي ث و ا

المتجهين جهة اليسار مدهونان بالابيض

شكل ١٩٠



* (٢٧٧) *

أو مصفحان بالفضة بحيث أن الوجهين المتقابلين يكون أحدهما أبيض والاخر
أسود وينتج من ذلك أنه متى ملئت اسطوانة أ بالماء المسخن شعع سطحها الأبيض
فحوالوجه الاسود من اسطوانة ب و سطحها الاسود فحوالسطح الأبيض من اسطوانة
ث ويصير أحد السطحين الأبيض والآخرين مبرزا والاخر متشربا

ومتى نظمت التجربة هكذا وملئت اسطوانة أ بالماء المسخن يشاهد أنه متى كان بعد
الاسطوانة من ب ومن ث متساويا فإن عمود السائل الذي في الأنبوبة يبقى ساكنا
في ارتفاع واحد في السبعين وهذا يورى أن اسطوانتي ب و ث في حرارة واحدة
وتوجد حينئذ المعاوضة من جهة بين القوة العظيمة المبرزة للسطح الاسود من اسطوانة أ
وبين القوة التشريبية الضعيفة جدًا للسطح الأبيض من اسطوانة ث ومن الجهة
الأخرى بين أضعف القوى المبرزة الضعيفة جدًا للسطح الأبيض لاسطوانة أ والقوة
التشريبية العظيمة جدًا للسطح الاسود لاسطوانة ب ومن ذلك يستنتج أن القوة
التشريبية والمبرزة للسطحين الاسودين وكذا للسطحين الأبيضين مساويتان لبعضهما
أو يكونان متناسبتين بالاقول

وتنتج هذه التجربة إذا استعوض السطحان الأبيضان بقرصين من الورق أو الزجاج
أو العيني أو غير ذلك

(المبحث السابع عشر في الاسباب التي تنوع القوة العاكسة والتشريبية والابرازية)
حيث أن القوة الابرازية والتشريبية متساويتان فبكل سبب يتنوع احدهما فضرورة
يتنوع الاخرى وأما القوة العاكسة فحيث أن سيرها مصادا للقوتين المذكورتين
فجميع الاسباب التي تزيد هاتين القوتين تنقص القوة العاكسة والعكس بالعكس
وقد ذكرنا أن هذه القوى المختلفة تتغير من جسم الى آخر وأن القوة العاكسة في
الاجسام المعدنية أعظم منها في غير المعدنية وأن القوة العاكسة ضعيفة جدًا في الهباب
لكن هذه القوى تتغير في الجسم الواحد بتغير درجة صقلته وكثافته وثخانة الجسم
المشع أو العاكس وبالحالة الطبيعية لهذا الجسم ويميل الاشعة الساقطة أو البارزة
وبطبيعة يذبوع الحرارة وينوع الحرارة مظلمة كانت أو مضيئة

(القوة العاكسة) طالما قيل زمانا طويلا أن القوة العاكسة تزداد بطريقة عامة مع ازدياد
درجة صقالة السطوح العاكسة وإن القوتين الأخرين ينقصان بالعكس لكن
أثبت ميلوني أنه إذا أخذ لوح معدني مصقول تنقص قوته العاكسة تارة وتزيد تارة

أخرى وفهم هذا الطبيعي هذه الظاهرة بازدياد نقص الكثافة التي يأخذها اللوح فان كان هذا اللوح طرقا بتهاء على البارد فان تمائل أجزائه يحتل وتكون الأجزاء في السطح أكثر انفعاما مما في الكتلة وتزداد القوة العاكسة وحينئذ إذا أخذت السطح تعرت الكتلة الباطنة التي هي أقل كثافة ونقصت القوة العاكسة وبالعكس في اللوح المتماثل الذي لم يطرق على البارد متى أخذت بالآلة قاطعة وهذا ينشأ عن تزايد الكثافة في السطح المتسدية عن التخذش الذي فعل فيه

وتتغير القوة العاكسة تبعاً لميل الأشعة الساقطة ويكون هذا التغير قليل الاحساس في المعادن لكن في الأجسام الشفافة تزداد كمية الحرارة المنعكسة بسرعة مع تزايد زاوية السقوط ففي الزجاج مثلاً تصبح القوة العاكسة المطلقة التي هي ٠.٠٥ لزاوية السقوط المساوية إلى ٢٠ درجة ٠.٥٥ لزاوية السقوط المساوية ٨٠ درجة وتتنوع القوة العاكسة أيضاً مع تنوع البنيوع الحراري فتكون للصابون ٠.٦٠ مع حرارة الشمس ٨٣.٠ مع الحرارة البارزة من مصباح غير مغطى بزجاج وبالمجلة فان القوة العاكسة للمعادن تكون بالحرارة المظلمة أكثر مما تكون بالحرارة المضيئة

(القوة البرازية) نخانة الأجسام تنوع قوتها البرازية كما نبت من تجارب ليلى ورونغور وميلوني

وحقق ميلوني ذلك بطلاء أوجه مكعب معدني بماء درجة حرارته ثابتة بالورنيش فكانت تزداد القوة البرازية مع ازدياد عدد طبقات الورنيش إلى ١٦ طبقة وفيما وراء ذلك بقيت ثابتة مهما زاد عدد الطبقات ولما قدر نخانة الست عشرة طبقة وجدها $\frac{1}{10}$ من المليمتر

وأما المعادن وأوراق الذهب التي نخانتها ٨ و ٤ و ٢ الفية من المليمتر فبوضعها على التوالي على أوجه مكعب من الزجاج يكون نقص الحرارة المشعة واحداً فنجم من هذا أن نخانة الطبقة المشعة من الأجسام المعدنية لا تأثر بها

والحالة الطبيعية للجسم تغير كذلك قوته البرازية وحينئذ فالأجسام المحالة إلى مسحوق ناعم جداً يظهر أن جميعها له قوة برازية واحدة وأقلها ما شاهدته ماسون وكورنبي في ستة عشر جسيماً وعلى عشرين عرضت للتجربة ونسب تنبدال هذه النتيجة

النتيجة للصمغ الغربي المستعمل لتثبيت المساحيق لانه وضعها بواسطة الماء فوجدت قوى ابرازية متغايرة

والقوى الابرازية تتغير ايضا مع تغير ميل الاشعة على السطح الذي يبرزها ويستثنى الهباب الذي يكون معه القوة الابرازية ثابتة في كل ميلان ومع الاستبعاد فالقوة الابرازية الكثنة ١٠٠ في الاتجاه العمودي لا تكون أكثر من ٦٦ تحت ميلان ٦٠ درجة وفي نفس شروط الميل تكون القوة الابرازية للزجاج ٩٠ و ٤٥ على التوالي وبالمجمل فان القوة الابرازية تتغير في الجسم الواحد مع تغير الحرارة مثال ذلك القوة الابرازية لبورات الرصاص فانها تنقص متى جعل الحرارة مرتفعة ففي درجة ١٠٠ تكون تقريبا كالقوة الابرازية للهباب بخلافه في درجة ٥٥٠ فلا تكون الا ٧٥. وأما الاجسام الغازية عند احتراقها فقوتها التشععية ضعيفة جدا كما يتحقق ذلك بتقريب العمود الحراري الكهربائي للهب الايدروجين وان كانت حرارته مرتفعة جدا لكن اذا وضع في اللهب حلزون من البلاتين فان هذا المحزون يكتسبه حرارة اللهب يشع الحرارة بقوة و يفعل مشابه لذلك يشع لمب المصابيح وغاز الاستصباح حرارة أكثر من لمب الايدروجين بسبب كثرة مقدار الفحم المحتوي عليه لمب المصابيح وغاز الاستصباح و يصير شحرا في اللهب بسبب عدم احتراقه بالكامل

(القوة التشرية) أثبت ميلوني أن القوة التشرية تتغير مع تغير طبيعة و ينبوع الحرارة فمثلا كربونات الرصاص تتشرب من كمية الحرارة الواحدة السااقطة المتشعة من مكعب مملوء بماء درجته ١٠٠ مرتين تقريبا زيادة عما تشربه منها اذا كانت متشعة من مصباح والهباب فقط يتشرب دائما كمية واحدة من الحرارة مهما كان ينبوع

وتتغير القوة التشرية مع تغير ميل الاشعة السااقطة فتكون في غاية شدتها في السقوط العمودي وتتناقص بمجرد تباعد الاشعة السااقطة عن الخط العمودي وهذا هو أحد الأسباب التي بها تسخن الارض في الصيف أكثر من الشتاء لان الاشعة الشمسية تكون في الصيف أقل ميلانا وبالاختصار فجميع الأسباب التي تنوع القوة الابرازية تنوع القوة التشرية

* (المبحث الثامن عشر في استعمال القوة العاكسة والتشرية والابرازية) *

خاصية تشرب الاجسام وانعكاسها و ابرازها للحرارة بسهولة كثيرة أو قليلة أظهرت

استعمالات عديدة في التدبير الاهلي وفي الصنائع فتلا توجدا لغائدة أعظم بالاواني التي تسخن فيها السوائل كبكارج وتنكات القهوة كلما كانت سطوحها سوداء وغير مصقولة أى خشنة لان القوة التشرية تكون حينئذ أعظم وأما اذا قصد حفظ سائل ساخن زمنا طويلا على قدر الامكان فيلزم وضعه في اناء معدني مصقول لماسع كانا الشاي المتخذ من الفضة لان القوة الابرازية حيث انها تكون حينئذ ضعيفة فيحصل التبريد ببطء زائد

ولما وضع فرنكايين خرقا مختلفة اللون على الثلج وعرضها للاشعة الشمسية وجد أن الخرق السوداء غاصت اعماقا كثيرة أو قليلة وان الخرق البيضاء لم تغص مطلقا استنتج من ذلك أن الخرق السوداء تشرب الحرارة أجود من الخرق البيضاء ومن هذا الوقت استعمالات تجريبية فرنكايين في الملابس وعرف حقيقة أن الملابس البيضاء أكثر طراوة من السوداء من الصيف لانها تمتص حرارة أقل من السوداء وأكثر سخونة زمن الشتاء لانها تبرز حرارة أقل من السوداء

وفي هذا الشأن لاحظت نبال انه اذا كانت جميع الاشعة الحرارية ضوئية أعني من أشعة الشمس يمكن استنتاج قوة الجسم التشرية من لونه لكون حيث ان معظم الاشعة الشمسية غير مشاهد فيكون التلون والتشرب ظاهريين متميزين وفي الواقع أوري المعلم المذكور أنه اذا طليت ثلاثة أوجه مكعب من التنك أحدهم أبيض بالطباشير والثاني أحمر بالكريمين أى اللاملي والثالث أسود بالهباب وملئ المكعب بماء درجته ١٠٠ وعرضت الثلاثة أوجه الى العمود الحراري الكهربائي أحدثت زوغانا واحدا في ابرة الجلولونومترواذا عرض الوجه العارضي قربت الابرة حالاً من الصفرة وتحدثت نفس النتائج بمكعب مغلي كل من ثلاثة أوجهه بقطيعة بيضاء وحمراء وسوداء والرابع غار وبالمجلة أثبت تنبدال أن ورقتين احدهما بيضاء والثانية مسودة باليود عرضتا لبورة واحدة فسخنت الورقة البيضاء أكثر من الورقة المسودة واستنتج من ذلك أن اللون في ملبوساتنا وفراوى ذوات الاربع وریش الطيور ليس هو الذي له التأثير بل التأثير للنسيج ودرجة قابلية التوصيل

(المبحث التاسع عشر في القوة التنفيذية)

من الاجسام ما تنفذ منه الحرارة المتشعة بالكيفية التي بهاية فند الضوء من الاجسام الشفافة كالماء والهواء والزجاج ومنها ما هو مجرد عن هذه الخاصية ألا توجد فيه

الابدوجة ضعيفة جداً وتسمى الاجسام الاول بالمنفذ والآخر بالممانعة والغازات البسيطة أجود الاجسام تنفيذ الحرارة والمعادن ممانعة بالكلية ثم ان الحرارة المتشعة والضوء وان كانا متشابهين الا ان الاجسام الشفافة ليست دائماً أكثر تنفيذ الحرارة وليست الاجسام المعتمة دائماً ممانعة لها ومن أراد الاطلاع على التجارب والمناقشات ونظرية ميلوني بخصوص القوة التنفيذية فعليه بالمطولات

(المبحث الرابع عشر في استعمال القوة التنفيذية)

لا شك أن الهواء منفذ جيد لان جميع الحوادث الصادرة من الحرارة المتشعة تحدث فيه ولشدة قوته التنفيذية توجد الطبقات العليا من الجو باردة جداً مع مرور الاشعة الشمسية منها دائماً وأما الماء فانه يحدث عنه في جوف البحار والبرك عكس ما يحدث في الجو لكونه جسم غير جيد التنفيذ أي ان الطبقات العليا في البحار والبرك تكون عرضة للتغيرات الحرارية على حسب الفصول دون بقية الطبقات السفلى الكائنة بعد حتى ما فان درجة حرارتها تبقى ثابتة وخواص الاجسام المنفذة استعملت لفصل الضوء والحرارة المتشعة عن الماء من ينبوع واحد عن بعضها فاذا غطى ملح الطعام بالمياه أوقف الضوء بالكلية وترك الحرارة تمر وبالعكس صفائح او محلول الشب توقف الحرارة وتترك الضوء يمر وهذه الطريقة الاخيرة مستعملة بفائدة في الاجهزة المستضيئة بالاشعة الشمسية او بالضوء الكهربائي متى لزم اجتناب الحرارة الشديدة واليود المحلول في ثاني كبريتور الكربون يحدث عكس الفعل فيتشرب الاشعة الضوئية ويترك الحرارة تمر واستعمال النواقيس في البساتين لتغطية بعض النباتات وحفظها مؤسس على خاصية القوة التنفيذية للزجاج فهذا الجسم تنفذ منه الاشعة الشمسية التي لها حرارة شديدة ولا تنفذ منه الحرارة المتشعة من سطح الارض

(المبحث الخامس عشر في الحرارة المتلاشية)

الحرارة التي تسقط على سطح الجسم لا ينعكس جميعها على حسب قوانين الانعكاس المتقدمة بل ينعكس جزء منها بدون انتظام أعني في جميع الجهات حوالى نقطة السقوط وهذه الظاهرة هي ما يسمى بالتلاشي أي التشتت أو بالانعكاس الغير منتظم للحرارة والانعكاس الذي يتبع قوانين الانعكاس المتقدمة يسمى انعكاساً منتظماً وميلوني هو الذي استكشف ظاهرة التشتت بسطوح الاجسام

والانعكاس المنتظم لا يحصل إلا على السطوح المصقولة والغير منتظم بالعكس يحصل على السطوح الكابية أو الخشنة كالواح الخشب والزجاج والمعادن الغير المصقولة وقوة التلاشي تتغير على حسب طبيعة الينبوع وطبيعة الاجسام العاكسة فاما الاجسام البيضاء فانها اشديد التشتت للحرارة المتشعة من ينبوع حرارة واصلة للدرجة الحمراء البيضاء واما المعادن الكابية فهي ايضا أكثر تشتتاً للحرارة من الاجسام البيضاء

(الفصل التاسع عشر في ينابيع الحرارة والبرودة وفيه مباحث)

بمقتضى نظرية تحرك الحرارة لا يوجد في الحقيقة الا ينبوع واحد للحرارة وهو الحركة المؤثرة في جزيئات المادة وانما يمكن الحصول عليها بعدة طرق ومن ذلك نتج أولاً الينابيع الميخانكية المشتملة على ذلك والطرق والضغط وثانياً الينابيع الطبيعية كالشمع الشمسي والحرارة الارضية والتأثير الجزيئي وتغير حالة الاجسام والكهربائية وثالثاً الينابيع الكيماوية أعني الاتحادات الجزيئية وبالنحوص الاحتراق وينبغي نسبة الحرارة الحيوانية للينابيع الكيماوية وان كانت دراستها تخص علم الفيسيولوجية

(المبحث الاول في الينابيع الميخانكية)

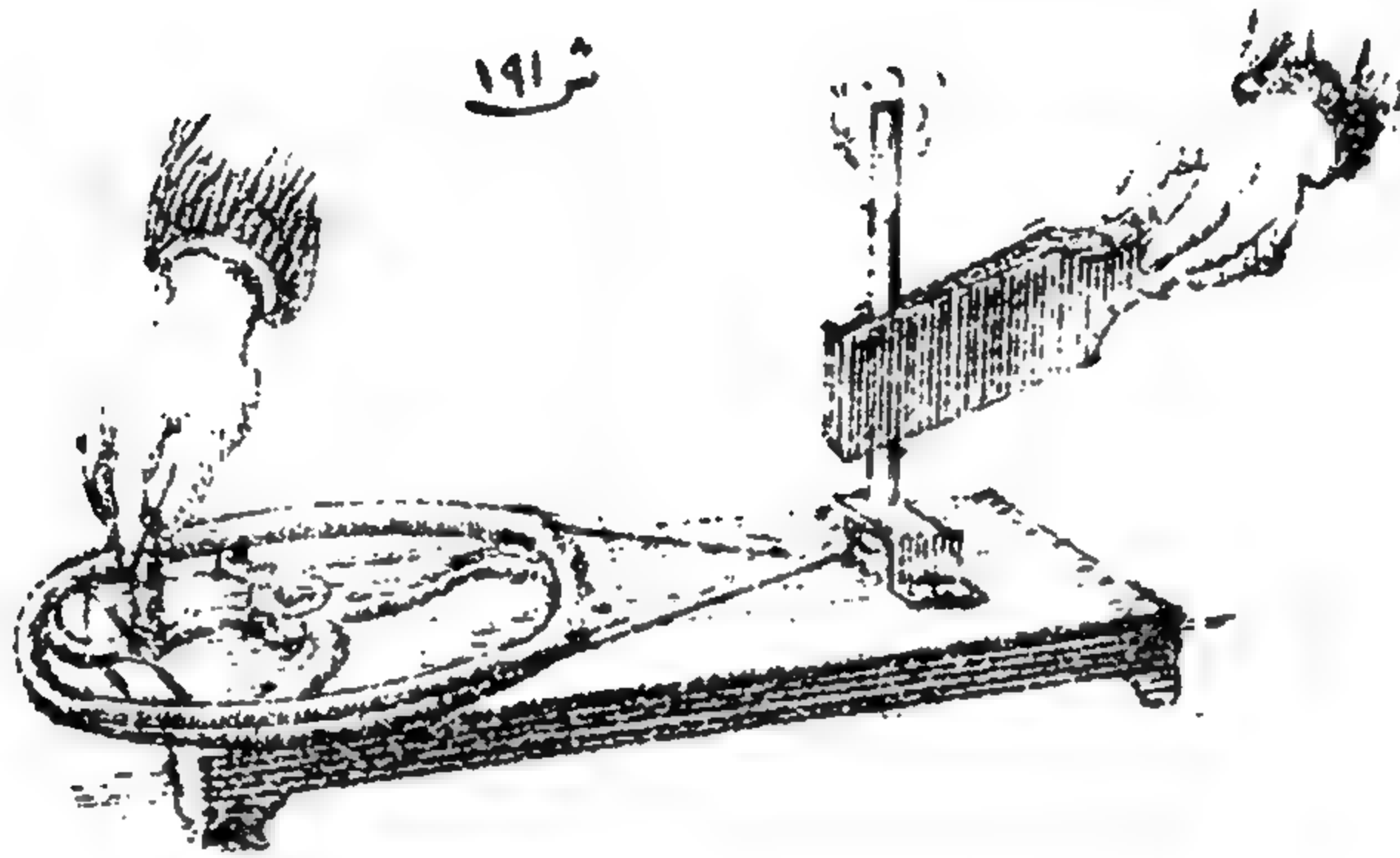
(الحرارة المنسوبة الى ذلك) اذا ذلك جسم بجسم انتشرت كمية من الحرارة تكون أعظم كلما كان الضغط أقوى وحركة ذلك سريعة وفي الغالب أن خشب عجل العربات بدلكه بين المحاور يسخن الى أن يلتهب ولذا يدخنونها بالشحم لتلطيف الاحتكاك والمعلم دافى اذاب قطعتين من الجليد بذلك احدهما بالآخرى في جوارى من الصفر وبتقب قطعة من التوج تحت الماء وجد رونفور أنه لأجل الحصول على ٢٥٠ جرام من البرادة يلزم أن تنتشر بذلك حرارة كافية لرفع ٢٥ كيلوجرام من الماء من درجة الصفر الى درجة ١٠٠ +

وصنع كل من يومون وماير جهازاً رفاعيه في بعض ساعات ٤٠٠٠ لتر من الماء من درجة ١٠ + الى ١٣٠ درجة بذلك مخروط من الخشب مغلى بالتيل يدور ٤٠٠ دورة في الدقيقة في مخروط من النحاس مجوفاً مثبتاً ومغموراً في ماء قزان مغلقاً غلقاً محكمًا وكانت السطوح المدلوكة مدهونة بالزيت

وحيث ان كلاماً من تجربة رونفور وتجربة يومون وماير تحتاج زمناً طويلاً لأجل تكررها في الدرس نذكر جهاز المعلم تندرال الذي يوري الحرارة المنتشرة بذلك

* (٢٨٣) *

في بعض دقائق وهو يتحرك من أنبوبة من النحاس الأصفر محوّفة ومملوءة بالماء
تصل لها حركة دوران سريعة بواسطة بكرة مثبت عليها عجلة كبيرة وسير من جلد كافي
شكل ١٩١



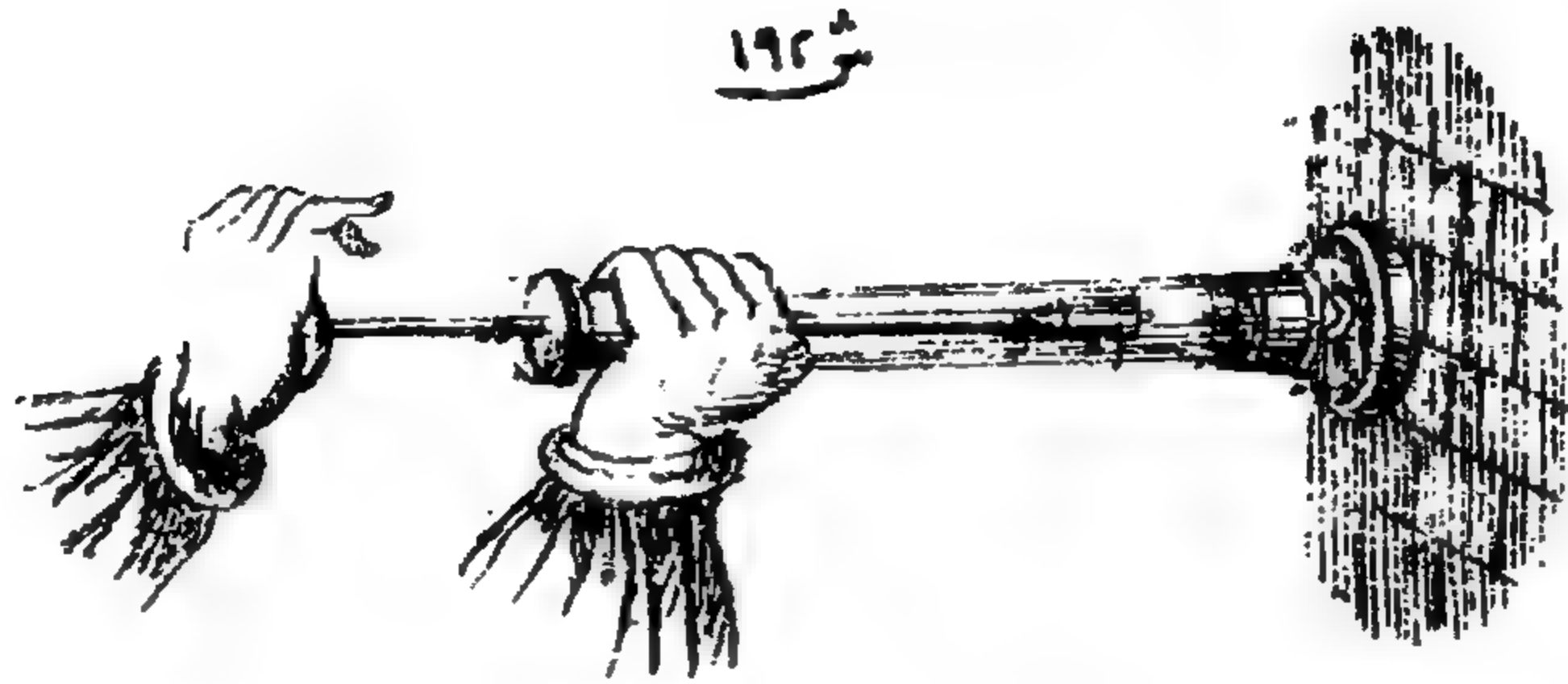
والأنبوبة مملوءة بالماء عشر سنتيمترات تقريبا وقطرها سنتيمتران ولاجل مكث العملية
زمن قليل لا تملأ الأنبوبة بالماء الفاتر وتسد بسدادة لكي لا يتقذف الماء من حركة
الدوران ويوضع حوالى الأنبوبة ماسك من خشب متكون من لوحين منضمين بمشبك
محفورين بحيث يتكون بينهما قناة ليعانقا الأنبوبة جيدا وعندما تدبر اليد العجلة
الكبيرة تضم اليد الأخرى الأنبوبة بين اللوحين فتسخن حينئذ بسرعة بواسطة ذلك
وتتجاوز حرارة الماء ١٠٠ درجة وتنفذ السدادة بقوة مرونة البخار ويقدح
الزناد المتخذ من صلب على الصوانة الرقيقة الطرف تنفصل منه أجزاء معدنية دقيقة
فيها حرارة كافية لالهائها في الهواء

والحرارة المنتشرة بذلك في جميع هذه التجارب تنسب الى حركة اهتزازية منتظمة
في جزيئات الاجسام

(الحرارة المنسوبة الى الضغط) اذا ضغط جسم بحيث تزداد كثافته فان حرارته ترتفع
كثيرا كلما كثر نقص حجمه وهذه الظاهرة قليلة الظهور في السوائل وكثيرته في الجوامد

* (٢٨٤) *

واما الغازات القابلة للانضغاط في أعلى درجة فيوجد فيها انتشار حرارة عظيمة تنسب
للاشغال المستعمل مدة الضغط وانتشار الحرارة الشديدة المتولدة في الغازات المنضغطة
يثبت بواسطة الزند الهوائي وهو جهاز يتركب من أنبوبة من زجاج ثخينة الجدران
فيها مكبس موشع بجدار ليسدها سدا محكما كما في شكل ١٩٢



وفي قاعدة هذا المكبس حفرة توضع فيها قطعة صوفان فاذا كانت الانبوبة مملوءة
بالهواء أدخل فيها المكبس بسرعة مخن الهواء المنضغط حينئذ إلى أن ياتهب
الصوفان ويشاهد التهابه اذا أخرج المكبس بسرعة والتهاب الصوفان في هذه
التجربة تفرض حرارته ٣٠٠ درجة بالاقول ويتولد في وقت الضغط وضوء شديد تنسب
ابتداء إلى الحرارة المرتفعة التي وصل إليها الهواء لكن تحقق انه ينسب إلى التهاب
الزيت الذي دهن به المكبس

* (المبحث الثاني في الينابيع الطبيعية) *

(التشعع الشمسي) الشمس هي أشد ينابيع الحرارة وسبب الحرارة الخارجة منها
مجهول وقد اعتبرت بعضها بعضهم كتلة ملتهبة وبعضهم اعتبرها كأنها متركة من طبقات
يؤثر بعضها على بعض تأثيرا كيمياويا كتأثير أزواج عمود واطه وتولد حينئذ تيارات
كهربائية ينسب لها ضوء وحرارة الشمس وهناك آراء كثيرة مذكورة في المطولات
(الحرارة الأرضية) الكرة الأرضية لها حرارة خاصة تسمى بالحرارة المركزية وفي الواقع
أن في عمق قليل الاعتبارية تغير على حسب البلاد توجد طبقة حرارتها ثابتة في جميع
الفصول ويستنتج من ذلك أن حرارة الشمس لا تنفذ في باطن الأرض إلا لعمق محدود ثم
فيما

فيماسفل من هذه الطبقة المعماة طبقة الاعتدال يشاهد أن الحرارة تزداد درجة كلما سفل الانسان من ٣٠ الى ٤٠ مترا وقانون تزايد الحرارة هذا يتحقق في الاعماق العظيمة لمحل استخراج المعادن وللا بارالنافورية ومع ذلك فتتغير كثيرا على حسب قابلية توصيل الاراضى وتنوع كثيرا في محل استخراج المعادن بجريان الهواء والماء وبالنزول الى عمق ٣٥٠٠ متر تصبح حرارة الطبقة المنتسبة لهذا العمق ١٠٠ درجة والمياه المعدنية الساخنة والبراكين تثبت وجود الحرارة المركزية

والعمق الذي توجد فيه طبقة الاعتدال ليس واحدا في جميع الجهات فيكون في باريس ٢٧ مترا والحرارة في هذا العمق تكون مدة السنة ١١,٨ درجة

ووضعت جملة فرضيات لتوضيح الحرارة المركزية وأعظم فرض قاله الطبيعيون والجيولوجيون هو أن الارض كانت ابتداء في حالة السيولة بتأثير حرارة مرتفعة وبالتشعع تجمد سطحها شيئا فشيئا بحيث تكونت قشرة صلبة لا يبلغ ثقلها الآن أكثر من ٦٠ كيلومتر والكتلة المركزية باقية أيضا في حالة السيولة والتبريد ليس الامن الظاهر ببطء بسبب ضعف قابلية توصيل طبقات الارض وبهذا السبب لا ترفع الحرارة المركزية حرارة سطح الارض أكثر من $\frac{1}{10}$ من درجة

ومع ذلك فكثير من الطبيعيين منهم ليليز و تومسون و هوجين باستنادهم على الظواهر الفلكية محركة تقط الاعتدال وحركة المد والجزر قالوا ان الارض جميعها صلبة ظاهرا وباطنا وفسروا الحرارة المركزية بتأثير كيمائى ينسب لارتشاح مياه البحر

* (المبحث الثالث في الينابيع الكيماوية) *

(الاتحاد الكيمائى والاتقاد) الاتحاد الكيمائى على العموم محبوب دائما بانتشار حرارة كثيرة او قليلة فاذا كان ببطء كما اذا تأكد الماء من الهواء كانت الحرارة المنتشرة غير محسوسة واذا كان بسرعة كانت الحرارة المنتشرة شديدة وحصل الاحتراق حينئذ

وهكذا يسمى كل احتراق كيمائى حصل مع انتشار حرارة وضوء وفي الاحتراقات التى تظهرها الناجور والنار والمصابيح والشموع يتحد كل من كربون وايدروجين الخشب والزيت والشمع مع أوكسجين الهواء وقد تحدث احتراقات ليس للأكسجين فيها

أدنى وظيفة كما إذا ألقى الاتيمون المسحوق ناعما أو الفسفور المتجزئ في زجاجة مملوءة بالكافور فان كلاً منهما ما يتحد مع الكلور بانتشار حرارة وضوء شديدين وكثير من الاجسام القابلة للاحتراق تحترق بلهب واللهب ليس هو إلا غازاً أو بخاراً وصل الى درجة حرارة عالية بفعل الاحتراق وتتغير قوة اضاءته على حسب المتولدات التي تتكون مدة الاتقاد ووجود جسم صلب في اللهب يزيد قوة اضاءته فلهب كل من الايدروجين وأوكسيد الكربون والكؤل يكون باهتاً لانه لا يحتوي الا على متولدات غازية لكن لهب كل من السمع والمصابيح وغاز الاستصباح له اضاءة قوية جداً لانه يحتوي على مقدار زائد من الكربون الذي يصل للدرجة الحمراء البيضاء في اللهب بالنظر لكونه لا يكابد إلا احتراقاً غير تام ويعطى اللهب اضاءة شديدة بوضع سلك من البلاتين فيه أو الامينات (الحريير الصخري) وحرارة اللهب ليست بالنسبة لشدة اضاءته فان لهب الايدروجين الذي هو باهت جداً والذي ينشر أقوى حرارة

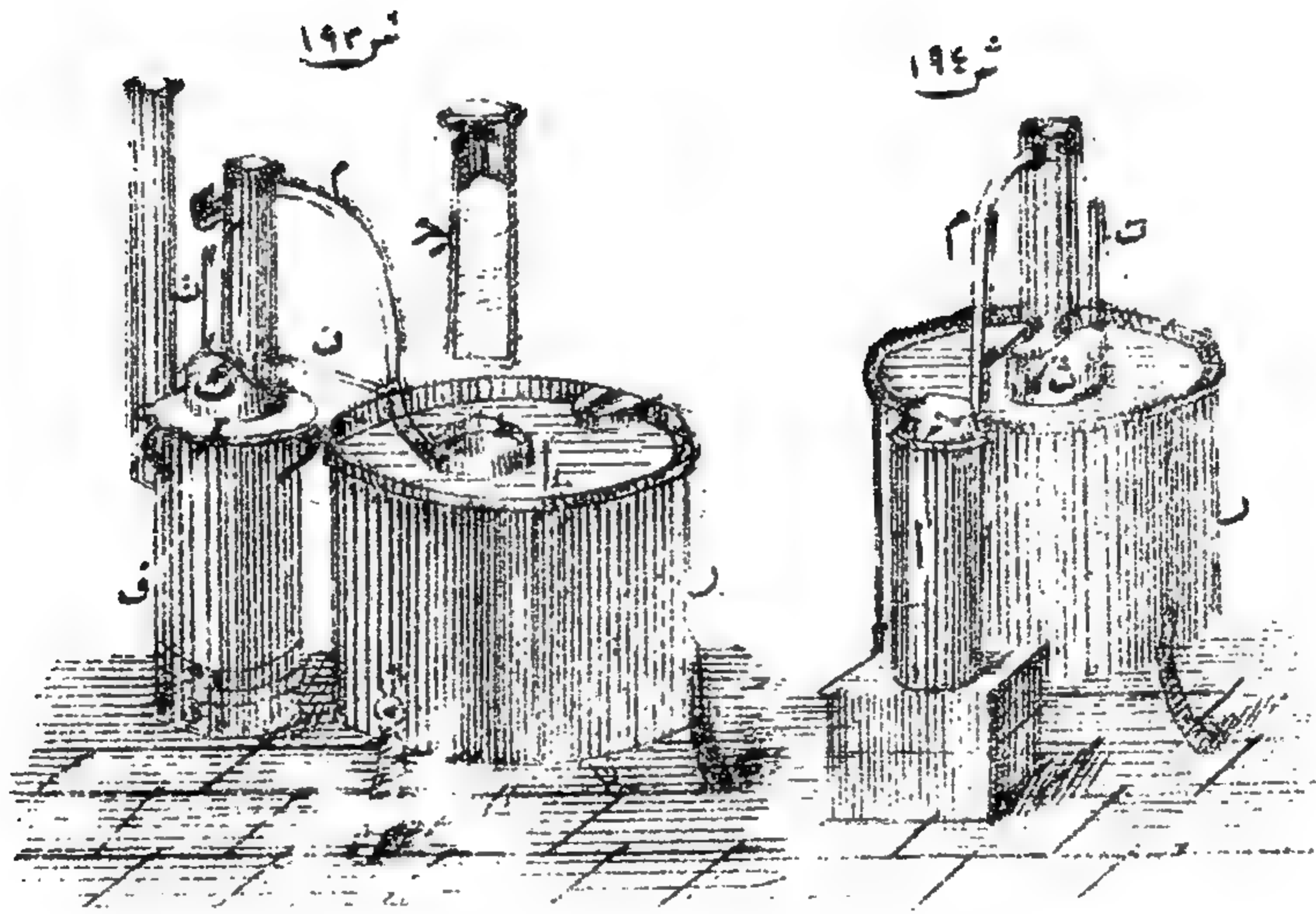
(المبحث الرابع في التسخين)

(أنواع التسخين المختلفة) التسخين صناعة غايته استعمال ينابيع الحرارة الخلقية في التدبير الاهلي وفي الصنائع وينبوع الحرارة المستعمل الآن هو إحراق الخشب والفحم وفحم الجمر والكوك والتورب والانتراسيت ومن منذ بعض سنين ابتدئ استعمال غاز الاستصباح للتسخين ويمكن تمييز التسخين الى خمسة أنواع على حسب الاجهزة المستعملة للاحتراق الأول التسخين ذو الجور الظاهرة والمداخن الثاني الاحراق ذو الجور الباطنة (الوجاقات) الثالث التسخين بالهواء الساخن الرابع التسخين بالبخار الخامس التسخين بدوران الماء الساخن ومن أراد مراجعة كل منها فعليه بالمطولات

(المبحث الخامس في ينابيع البرودة)

(ينابيع البرودة المختلفة) أسباب البرودة هي الانتقال من حالة الصلبة الى حالة السيولة ومن حالة السيولة الى الحالة البخارية أو الغازية وتمدد الغازات والتشعع على العموم وبالنصوص التشعع الليلي وقد سبق معرفة السببين الاولين في الخاليط المبردة وفي البرودة المنسوبة للتصعيد ولا نتكلم هنا الا على السببين الآخرين (البرودة المتولدة عن تمدد الغازات) قد ذكرنا في مبحث الحرارة المنسوبة للضغط ان بضغط الغازات ترتفع الحرارة وتختلل الغازات بعكس ذلك فانه يكون مصحوباً بانخفاض

بأنخفاض الحرارة ويحقق ذلك بوضع ترمومتر بريحه تحت مستودع الآلة المفرغة
ويغسل الفراغ في كل دقة للكبس يتمدد الغاز وتقدم الأبرة جهة الصفر ثم ترجع حالا
(جهاز كاري المستعمل لتجمد الماء) قد ذكرنا في بحث الحرارة الكامنة للأبخرة أن كل
سائل يتصاعد بخاراً يتص في حالة يكون كمية عظيمة من الحرارة ومن ذلك ينتج ينبوع
برودة يكون أعظم كلما كان السائل أكثر تطايراً وحرارة تطايره تكون عظيمة
واستعمل كاري هذه الخاصية لتجمد الماء أي تجمد مذبذبات النواشيد ويتركب
جهاز كاري من قزان أسطوانى ث كافي شكل ١٩٤ و ١٩٣



ومن إناء قصى قليلا ١ وهو الذى يجمد فيه الماء وهذا إناءنا آن يتصلان ببعضهما
بواسطة أنبوبة م وينضمان بقطعة ن المستعملة لربطهما ببعض ر بطاقويا والجهاز
من صفائح الحديد المتينة المقصورة التى يمكنها مقاومة ضغط قدر ضغط الجوىست مرات
فالقزان ث الذى يسع ثمانى لترات ثلاثاً أرباعه بمحلول النواشيد المتر كز ويصب
الزيت من فتحة منظمة فى الجدار العلوى ويغرفى هذا الزيت ترمومتر ت الذى يبين
حرارة ١٠٠ الى ١٥٠ درجة وبالجمل فإنا ١ المعد لتجمد الماء تكون من غلافين

متراكز بن بحيث ان جزء المركزى الفارغ فى جميع طوله يمكن فيه وضع الاناء التثك
ح المحتوى على الماء المراد تجمده وتكون حيثما المسافة المنحصرة بين غلاف الاناء
المعد لتجمد الماء هي فقط المتصلة مع القزان بواسطة أنبوبة م وعلى القاع العلوى
لانىاء التجمد فتحة صغيرة منها يدخل المحلول النوشادرى فى الجهاز ومنها يطرده الهواء
وتسد بعد ذلك سدا محكما بسدادة معدنية

اذا علمت هذه التفاصيل فتكوين الجليد يشتمل على عمليتين مميزتين : في العملية الاولى
شكل ١٩٣ المذكور يكون القزان موضوعا فى فرن ف و اناء التجمد فى حوض ر
المملوء بماء يتردد درجته ١٢ - تقريبا وتسخن القزان الى درجة ١٣٠ يتصاعد
النوشادر المحلول فى ماء القزان ويذهب الى اناء التجمد ويسيل فيه بضغطه الخاص
ويكون محتويا أيضا على عشر وزنه من الماء

وهذا التقطير من ث الى ا ينتهى فى ساعة وربع ويكون حيثما ابتداء العملية
الثانية التى غايتها وضع القزان فى الحوض المحتوى على الماء البارد شكل ١٩٤
المذكور و اناء التجمد فى الخارج مع الاعتناء بتغليفه بخرق من الصوف جيدة الجفاف
وفى هذا الزمن يدخل فى اناء التجمد اناء التثك المملوء بثلاثة أرباعه بالماء فيبرودة
القزان يذوب ثانيا روح النوشادر المالى له ويحدث الفراغ فيه يستحيل النوشادر
السائل الذى فى اناء ا الى غاز ويتقطر من ا الى ث ليذوب فى الماء الباقي فى القزان
وفى مدة هذا التقطير يتشرب النوشادر باستحالته الى الحالة الغازية مقدار اعظم مما من
حرارة اناء ح ومن حرارة الماء المحتوى عليه وينشأ عن ذلك تجمد الماء

وهذا الجهاز يعطى اثنين كيلوجرام من الجليد فى الساعة لكن صنعت أجهزة ذات
تأثير مستمر تعطى لغاية ٢٠٠ كيلوجرام من الجليد فى الساعة

(البرودة النسوية للتشعع الليلي) مدة النهار يقبل سطح الارض من الشمس حرارة أكثر
من الحرارة التى يبرزها جهة المسافة السماوية فترتفع حرارته ويكون بالعكس مدة
الليل أعنى ان الحرارة التى تشعها الارض حيثما ليست مستعوضة وينشأ عن ذلك
انخفاض فى درجة الحرارة يكون أعظم كلما كانت السماء أقل سمكا لانه متى وجدت
السحب أبرزت جهة الارض أشعة شتتها أكثر من شدة الأشعة الآتية من المسافة
السماوية وفى الواقع قد يشاهد فى بعض سنى الشتاء ان الانهر لا تتجمد حالة كون السماء

* (٢٨٩) *

مسترة بالامحباب بخلافه في شتاء بعض سنين آخر يزدادها أقل شدة فان الانهر تتجمد متى كانت السماء صحو والقدوة الابرازية لها أيضا تأثير عظيم على التبريد المتولد عن التشعع الليلي فكما زادت هذه القدوة زاد التبريد

وسندكر في المحوادث الجوية ان سبب ظاهرة تكون الندى هو التبريد المنسوب الى التشعع الليلي وفي بنجال ينفع التبريد الليلي لتحصيل الجليد الصناعي ولاجل ذلك تعرض على الارض مدة ليالى الصحو وان كبيرة مفرطة مملوءة بالماء مع الاعتناء بغزلها على اجسام رديئة التوصيل كالنبن والورق الخفاف فيفعل التشعع الليلي تبرد هذه الاواني بحيث يتجمد الماء حتى لو كان الهواء في عشر درجات فوق الصفر

* (الفصل العاشر في الآلات البخارية وفيه مباحث) *

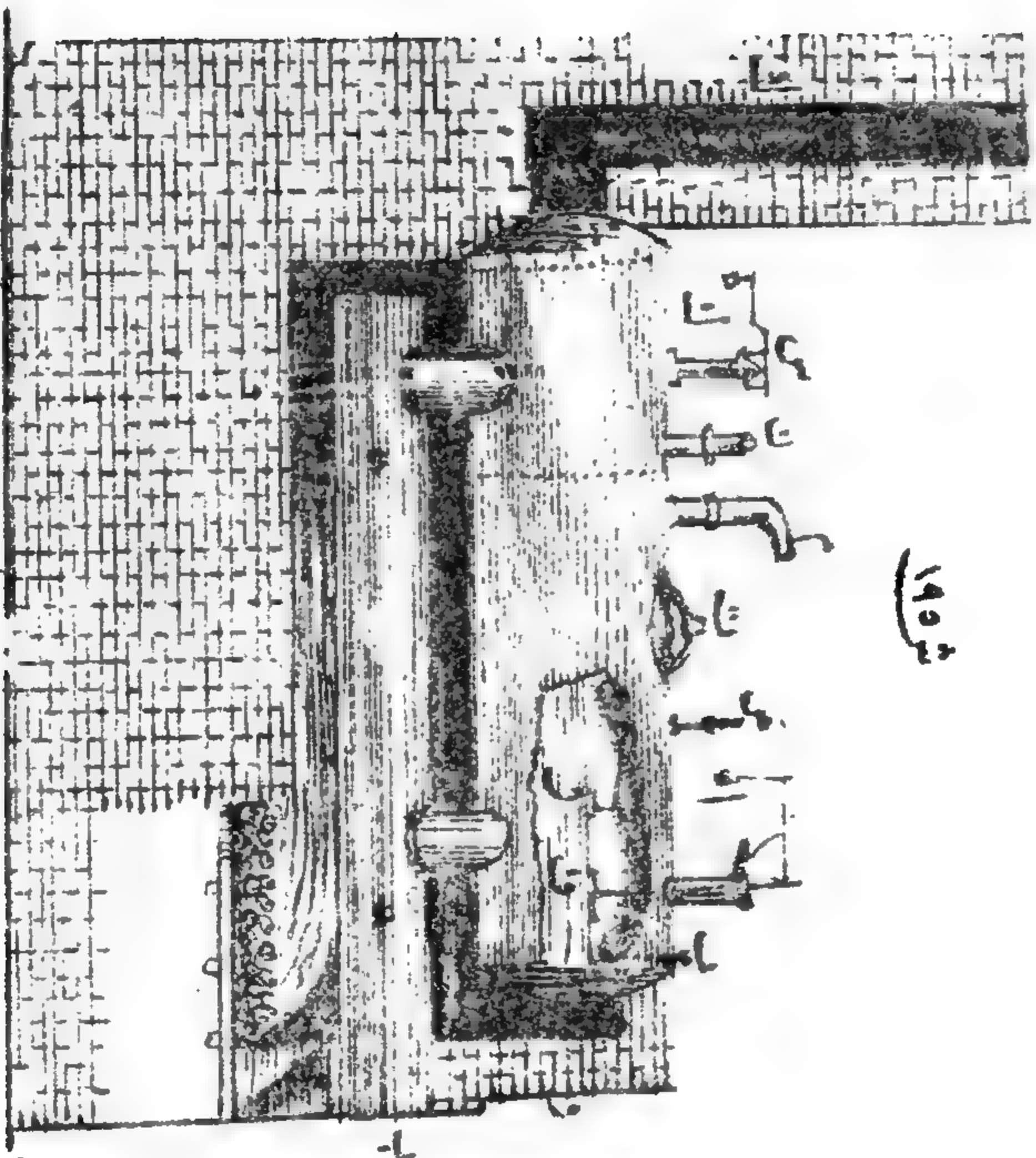
الآلات البخارية أجهزة تستخدم لاستعمال قدوة مرونة بخار الماء كقدوة محركة وفي الآلات المستعملة هم وما يحدث البخار في المكبس (بالنظر لقدوة مرونته) حركة مستقيمة مترددة تتكيف بعد ذلك الى حركة مستديرة مسترسلة بواسطة أعضاء مختلفة معدة لذلك

وكل آلة بخارية تتركب من جزئين متميزين الجهاز الذي يتولد فيه البخار والآلة الحقيقية وينتدى بشرح الجزء الاول فنقول

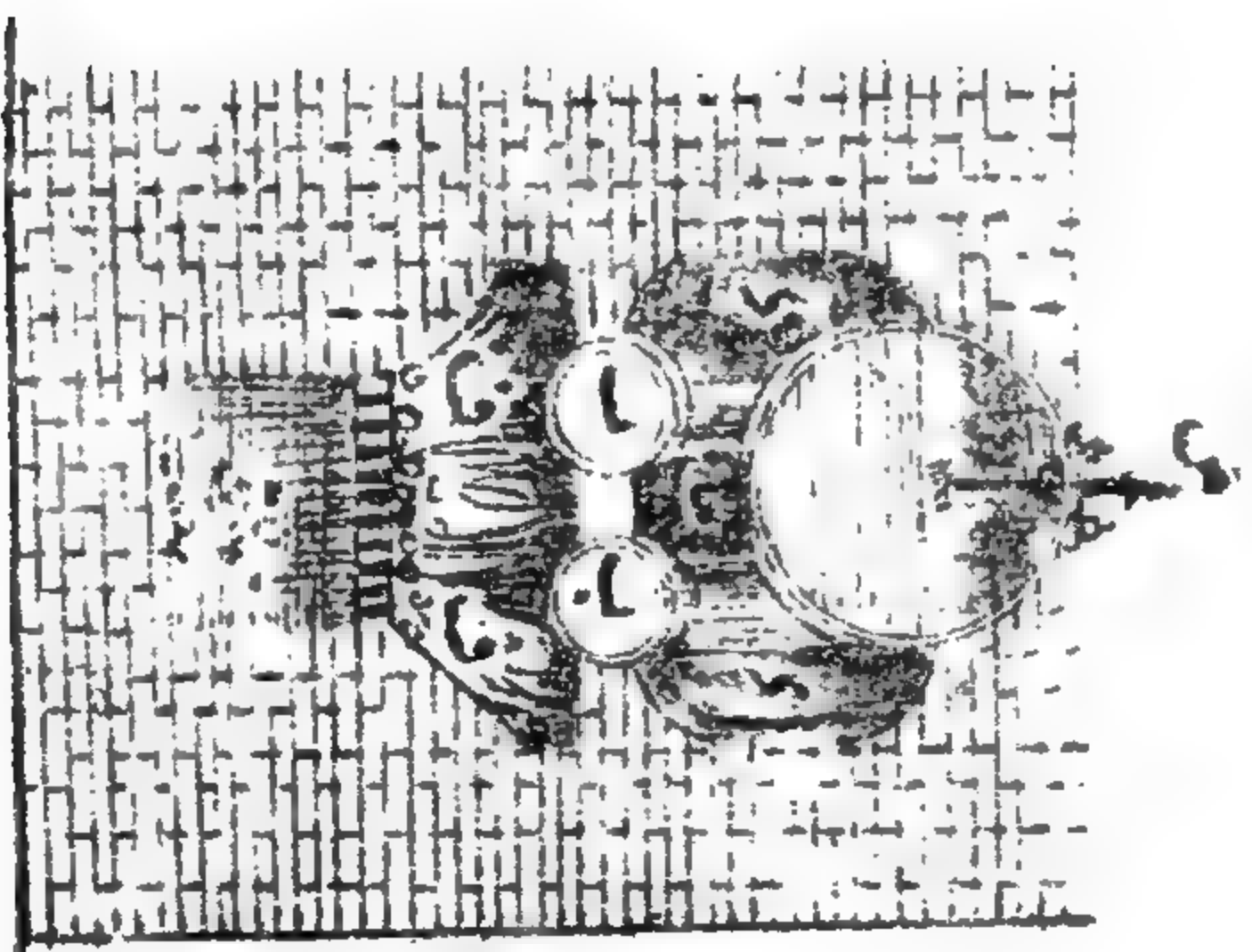
* (المبحث الاول في مولد البخار) *

الجهاز المسعمل لتولد البخار يسمى مولدا أو قزانا وشكل ١٩٥

يبين المنظور الطولي وشكل ١٩٦



1902



1902

(٢٩١)

بين القطاع العرضي لقزان آلة ثابتة وهو يخالف كثيرا قزان هرباث سكة الحديد
والسفن البخارية

ويتركب من اسطوانة طويلة من الحديد المصنوع ب ك مغلق طرفاهما بسدادتين
كرويتين وتحتها اسطوانتا ب ب يسميان بالغلايات قطراهما صغيران وهما أيضا
من صفائح الحديد وكل منهما متصل بالقزان بفتحتين وهاتان الاسطوانتان معدتان
لقبول صدمة النار من الجورة وهما مملوءتان بالماء امتلاء تاما بخلاف اسطوانة ب ك
فانها تملأون بماء فقط الى ازيد من نصفها بقليل وتحت الاسطوانتين الجورة التي فيها
يحرق الفحم الجوى أو الخشب ولاجل تكبير السطح المسخن واستعمال جميع الحرارة
المجذبة مع متولدات الاحتراق تدار هذه المتولدات في مجار من الآجر محيطة بجدار
الاسطوانتين والقزان

وهذه المجارى تقسم الفرن الى قسمين أفقيين ف ف و د ث و كما هو ظاهر
في الشكل القطاعي وزيادة على ذلك فان القسم العلوى منقسم الى ثلاث فتحات متميزة
ب ب ث و بحاجزين رأسيين غير مبنيين في الرسم مقابلين لجانبي الغلايتين فاللهب
ومتحصلات الاحتراق تمرأولا تحت الغلايات من الامام الى الخلف وترجع في اتجاه
مضاد من الفتحة المركزية ث ثم بانقسامها تسيرا خيرا من الفتحتين الجانبيتين د و
في أنبوبة ك من المدخنة وتذهب منها في الجوة

كيفية توضيح شكل ١٩٥ و ١٩٦ المذكورين ب ب ثلاثتان يكونان
مملوءين بالماء دائما وموضوعتان في وسط الجورة ويقبلان صدمة النار مباشرة
ث و د مجار محيطة بالغلايات والجزء السفلى للقزان وتخدم لاستعمال الحرارة المنجذبة
مع متولدات الاحتراق

و عوامة لصفارة النداء بالتيقظ

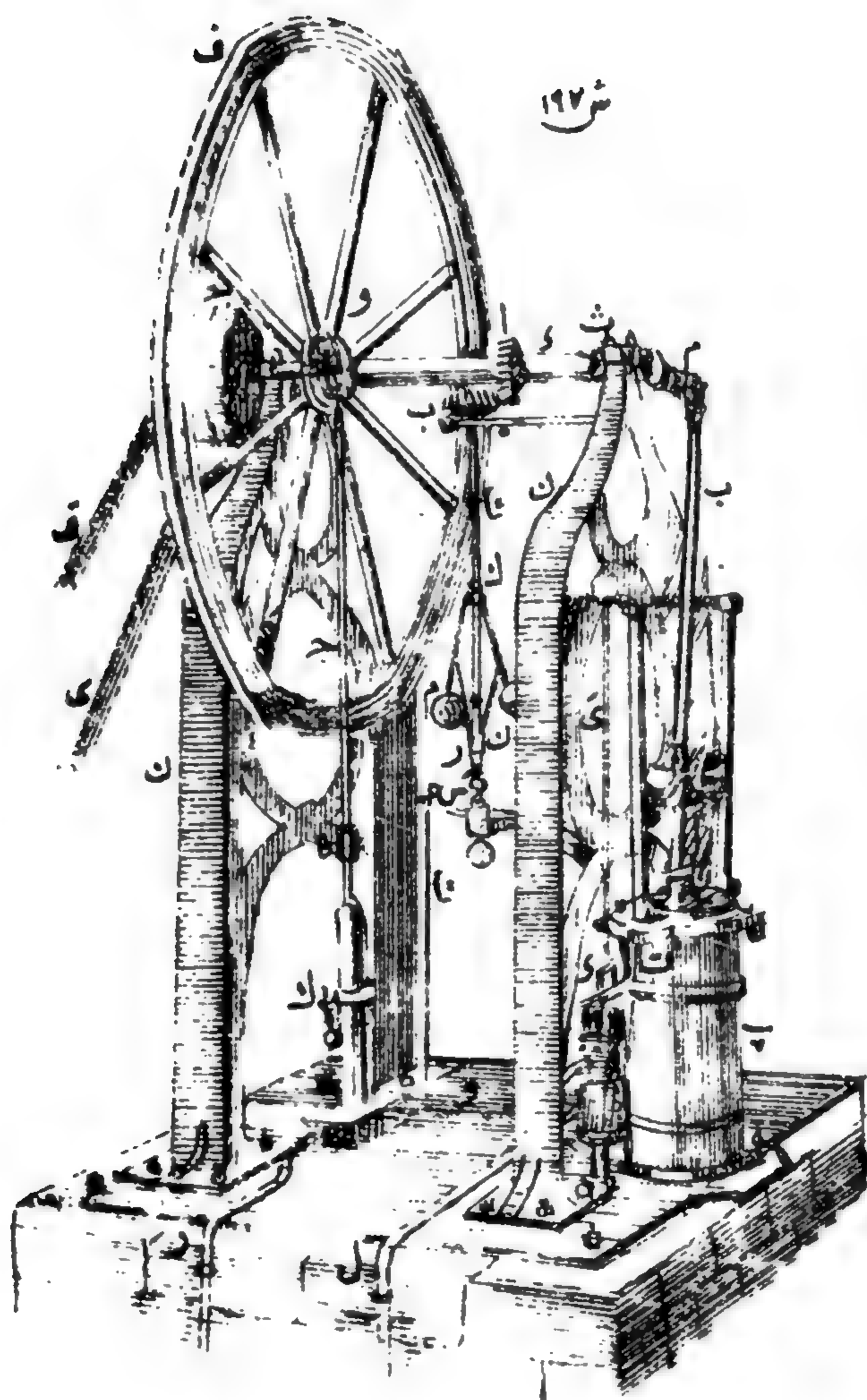
ف ف الجورة

ف عوامة معدة لبيان استواء سطح الماء في القزان وترتكب من حجر زاوى
مغور منه جزؤ في الماء كما يظهره الشق المصنوع في جدار القزان
وهذا الحجر المعلق في طرف الرافعة محفوظ في الموازنة بفقد الوزن الذي
يحصل له في الماء وبالقل ا فسادا الماء واضلا لا ارتفاع المطلوب فان

الرافعة المحاملة للعوامة تبقى أفقية لكنها تميل جهة ف حين لا يبقى المقدار
الكافي من الماء والى الجهة المضادة اذا زاد مقدار الماء وفى كلتا الحالتين يبادر
الوقاد بتنظيم إدخال الماء الممد إدخالا مناسباً
ك أنبوبة المدخنة منها تصاعد متولدات الاحتراق ويهطل لهذه الأنبوبة
ارتفاع عظيم ليقوى انجذاب الهواء
ب ك قزان اسطوانى من صفائح الحديد منضم مع الغلايات بأربع فتحات ومملوء
بالماء الى أعلى من نصفه بقليل
س صمام الأمن السابق شرحه فى حلة يابن
ت فتحة يدخل منها الانسان لتنظيف وترميم القزان
ا ثقل لموازنة العوامة
م أنبوبة يصعد منها البخار ويصل الى الآلة
ن أنبوبة يدخل منها الماء الممد للقزان
ص صفارة النداء والتيقظ وسميت بهذا الاسم لانها تستعمل لاعطاء التنبيه
بالاحتراس فى حالة ما اذ كان الماء الذى فى القزان غير كاف وهذه الحالة تسبب حدوث
ثورة بمجرد إدخال الماء فيه لانه فى هذه الحالة يتولد مقدار زائد من البخار زمن إدخال
الماء فيه حيث ان جدران القزان محجرة بالحرارة وما دام استواء الماء لا ينخفض كثيراً
فى القزان فان البخار لا يمر فى الصفارة لكن اذا انخفض الاستواء عن الارتفاع المناسب
نزلت العوامة الصغيرة والغالقة لقاعدة الصفارة وأعطت منفذا للبخار وبصعود
البخار يصدح حوائى قرص معدنى رقيق وباهتزاز القرص يتولد صوت حاد ينبه الوقاد

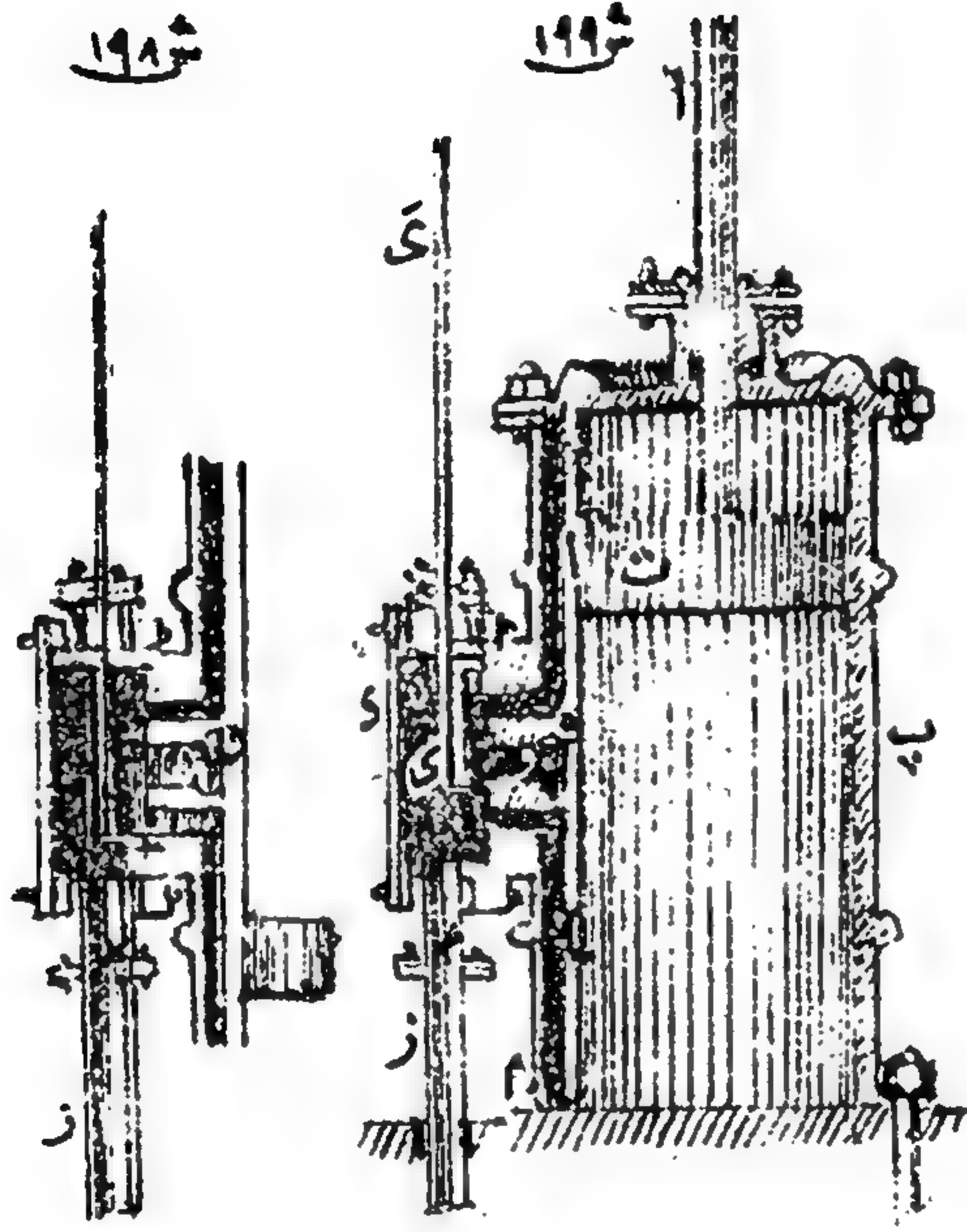
* (المبحث الثانى فى الآلة البخارية المزودة بالتأثير) *

الآلة البخارية المزودة بالتأثير هى الآلة التى فيها يؤثر البخار على التعاقب أعلى
وأسفل المكبس ليحدث فيه حركة مستقيمة مترددة تكيف بعد ذلك الى حركة مستديرة



* (٢٩٤) *

يعطى متطوّر مجموع آلة بخارية ذات تأثير مزدوج وشكلا ١٩٨ و ١٩٩



يبينان قاطعاً عاكساً للاسطوانة وتوزيع البخار وهذه الآلة جميعها من الزهر ومحمولة على قائمى ن ن من الزهر أيضاً فعلى يمين الرسم اسطوانة ب يصل اليها البخار من القزان بواسطة أنبوبة ز وفي هذه الاسطوانة مكبس ت الذى يؤثر عليه البخار من أعلى الى أسفل ومن أسفل الى أعلى على التوالي

وساق المكبس المشترك مع هذه الحركة المزدوجة ينقلها الى القطعة الطويلة ب المسماة بالذراع التى تتصل اتصالاً مفصلياً من أحد طرفيها بطرف الساق ا ومن طرفها الآخر بالقطعة الصغيرة جداً التى هى الركبة ومن الحركة الصاعدة والنزلة لقطعة ب تقبل الركبة حركة مستديرة مستمرة وتنقلها الى السهم الافقى أى المحور و

المنبئة

المتبنة فيه وهذا السهم يحمل من طرفه الآخرة بكرة ح يمر عليها سير من جلد ق ي
وبانجذاب هذا السير بالبكرة يتقل الحركة الى الآلة المراد فتحها كآلة المنجخ والنشر
والطبع وغير ذلك ويجوار البكرة ح بكرة ثانية ليست مثبتة في السهم تستعمل لايقاف
حركة الآلة المتحركة بالآلة البخارية بدون وقوف الآلة البخارية ولاجل ذلك يمرر
السير الجلد بواسطة شعبة من حديد معاينة له ليست موضحة في الشكل المذكور من
بكرة ح الى البكرة المذكورة المتحركة فلا يتقل السير حينئذ القوة المتحركة فتقف
الآلة في الحال

ويوجد على المحور خلاف ذلك بحلة كبيرة من زهر ف تسمى بالطيارة وهذه الحلة
ضرورية لانتظام حركة الآلة وفي الواقع انه عند وصول المكبس لآعلى وأسفل جريته
يكابد وقوفه فاصبر اجدا فيه تميل حركة جميع الآلة لاوقوف لكن تجذب الطيارة حينئذ
المحور معها بفعل القصور الذاتي وبالنظر لسرعتها المكنسبة فتستمر الحركة منتظمة
(منتظم القوة المركزية الطاردة) حركة الآلات البخارية تميل على الدوام الى التزايد أو
التناقص سواء كان بسبب تغير شدة بخار الفزانات أو بسبب كثرة أو قلة عدد الآلات
المتحركة المنتقلة اليها القوة المتحركة

ولاجل ذلك أضاف المصممان الى الآلات البخارية منتظم القوة المركزية الطاردة وهو
جهاز فيه تستعمل القوة المركزية الطاردة لتنظيم البخار الذي يأتي للآلة بحيث ان
مقدار البخار يزيد متى ضعفت السرعة كثيرا وينقص متى صارت السرعة عظيمة جدا
ويتركب المنتظم من متوازي الاضلاع مفصليا ك م ن و شكل ١٩٧ المذكور
مثبت على ساق رأسي ث تصل اليه حركة المحور الدورية بواسطة عجلتين زاويتين
أ ب والضلعان الجانبيان المتوازي الاضلاع حاملان لكرتين من الزهر م ن يعملان
بهما على الدوام للانضمام بسبب ثقلهما بعكس القوة المركزية الطاردة الناتجة
عن دوران الكرتين مع الساق ث فانها تميل على الدوام الى تباعدهما عن بعض وفتح
متوازي الاضلاع أي تباعد أضلاعه عن بعضها وينشأ عن ذلك على حسب كثرة
أوقلة سرعة الآلة حركة من أعلى الى أسفل أو من أسفل الى أعلى تنتقل الى قطعة ر
المنزلة بطول ساق ث وهذه القطعة هي التي بواسطة رافعة م ن و تغلق أو تفتح
غطاء ف الموضوع على أنبوبة زالاقي منها البخار كما في شكل ١٩٨ المذكور

وهذا الغطاء منظم بكيفية بها يتغلق كثيرا كلما زاد تباعد كرتي المنظم كثيرا ثم متى جاوزت سرعة الآلة بعد ذلك الحد المطلوب أتى البخار بمقدار قليل ونقصت القوة المحركة وبطؤت الحركة

(الطلوبية الممتدة) من الضروري مد القزان بالماء بمجرد تبخره ولاجل ذلك يضم للآلة البخارية الطلوبية كالمصاصة الكابسة التي ساقها ح يتحرك حركة ذهاب وإياب بواسطة القطعة المستديرة و المسماة أيكسنتريك المثبتة في محور الطائرة وهذه الطلوبية تمتص الماء من بئر وتطرده بواسطة أنبوبة من نحاس ر في القزان (توزيع البخار) باقى من شرح الآلة البخارية معرفة توزيع البخار أعنى التركيب الذى يستعمل لمرور البخار أسفل وأعلى المكبس على التوالي وشكلا ١٩٨ و ١٩٩ المذكورين يوضحان قطاع هذا التركيب

فالبخار الآتى من القزان بواسطة أنبوبة ز يجمع في علبة من الزهره وهى علبة التوزيع ومن هذه العلبة يخرج موصلان أ ب أحدهما يوجه البخار أسفل المكبس والثانى يوجهه أعلاه

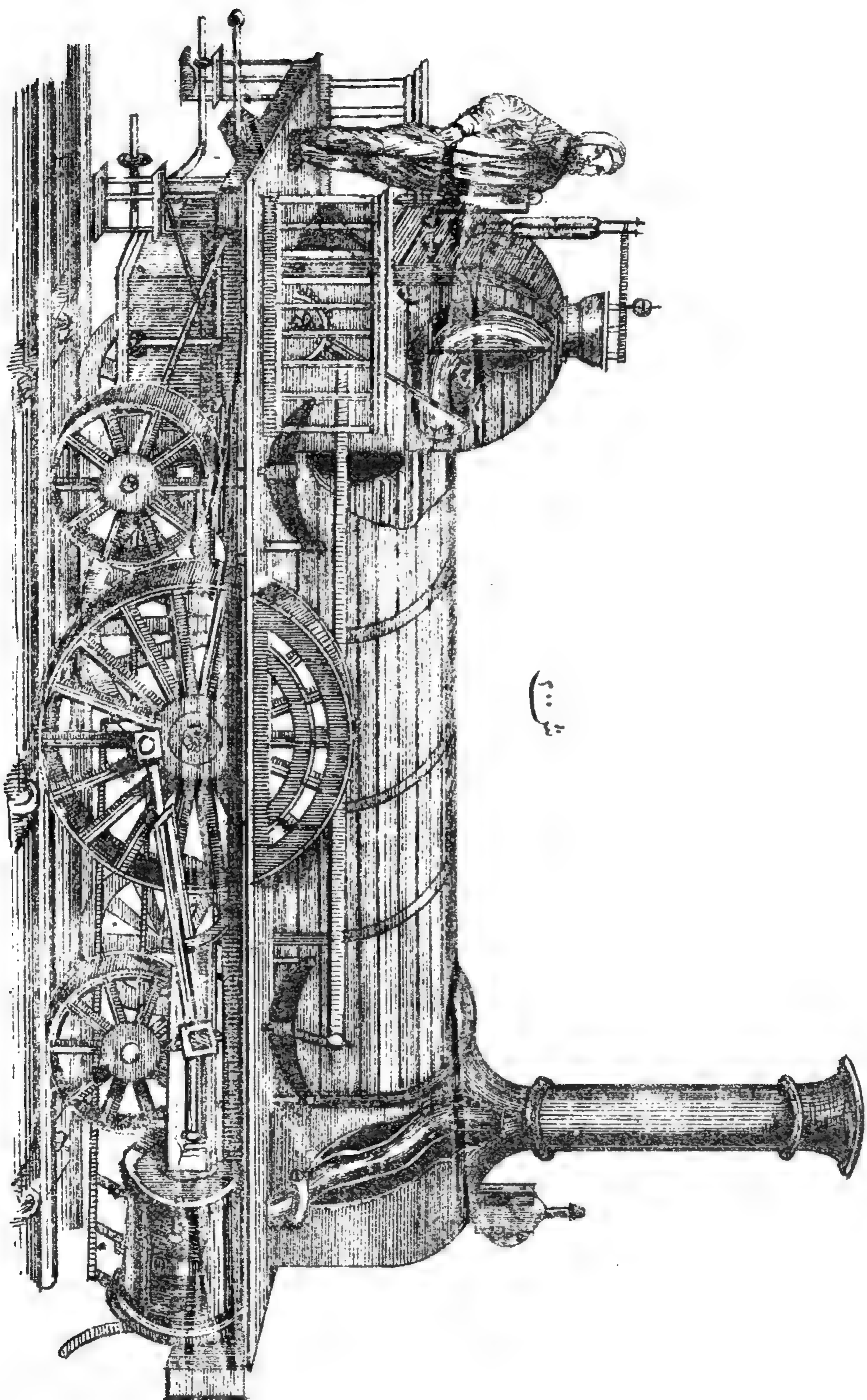
والقطعة المتحركة نى المسماة بالمصرفه تغلق على الدوام أحدهذين الموصلين ففي شكل ١٩٩ الموصل العلوى أ هو الذى يوجد مغلقا وبوصول البخار أسفل

المكبس يرفعه والمصرفه مثبتة في الساق نى الذى يقبل من الايكسنتريك ث شكل ١٩٧ المذكور حركة متعاقبة من أسفل الى أعلى ومن أعلى الى أسفل بها تأخذ المصرفه على التوالي الاوضاع الموضحة في شكل ١٩٨ و ١٩٩ فكما وصل البخار أسفل المكبس كما في شكل ١٩٩ يكون الجزء العلوى من الاسطوانة متصلا بواسطة موصل أ بقناة و الخارجة منها أنبوبة ل شكل ١٩٧ التى يتصاعد منها البخار الذى أنزل على المكبس ثم متى وصل البخار أعلى المكبس كما في شكل ١٩٨ يكون الجزء السفلى من الاسطوانة هو المتصل بموصل ب وبتفمس قناة و بأنبوبة ل وحينئذ فوصلا ب يتخذمان على التعاقب لدخول البخار وخروجه وفي الآلات ذات الضغط العظيم يذهب البخار المتصاعد من أنبوبة ل في الجزء لىكن في الآلات ذات الضغط القليل أو المتوسطة الضغط يوجه البخار في اناء مغلق يسمى بالملثف مملوء بالماء البارد فيملأه البخار له يتكثف فيه

* (٢٩٧) *

* (المبحث الثالث في الآلة البخارية المتنقلة أى العربية البخارية) *

الآلات البخارية التى تتدحرج بنفسها على شريط السكة الحديد أى حامل العربىة وتنقل المحركة الى البجلات تسمى آلات انتقالية اولو كوه وتيف والآلة المتنقلة تكون ذات ركبة مفصلة لكنها خالية عن الطيارة التى فى الآلات البخارية الثابتة وشكل قزائنها مخالف بالكلية أيضا والاجزاء الاصلية لهذه الآلة هى البرواز وعلبة النار والجسم الاسطوانى للقران وعلبة الدخان واسطوانتا البخار بهما ميهما والبجلات المحركة والممد فأما البرواز فهو حافظ من خشب البساط محمول على محاور البجلات وهو الماسك بجميع اجزاء الآلة وشكل ٢٠٠



٢٠٠

#(٢٩٩)#

يبين المهندس الذي يوجه الآلة راكبا على السطح الصاج المغطى للبرواز وقت استعداد لفتح آخذ البخار في الموضوع في الجزء العلوي من علبة النار وفي الجزء السفلي من هذه العلبة تكون البورة التي منها يتجه الاله و متولدات الاحتراق الى علبة الدخان ي ثم الى أنبوبة المدخنة بعد ان يجتاز ٢٠ أنبوبة من النحاس مغمورة بالكلية في ماء القزان

والقزان الذي يوصل علبة النار بعلبة الدخان من النحاس الاجراسطواني الشكل قطره متر تقريبا ومحاط بالواح من خشب الكاكي تحفظ حرارته بسبب ضعف توصيلها للحرارة وعند خروج البخار من القزان يتجه في اسطوانتين موضوعتين بجانب علبة الدخان وهناك يتوزع بكيفية تشبه الكيفية المذكورة في توزيع البخار المتقدمة ويؤثر على التعاقب على سطح كل من المكسبين اللذين ساقاهما به نقلان الحركة الى محوري عجلتين كبيرتين

وعلى التوزيع ليست ظاهرة في الشكل لانها موضوعة تحت البرواز بين الاسطوانتين وبعد ان يؤثر البخار على المكسبين يتصاعد في أنبوبة المدخنة ويساعد حينئذ على انجذاب تيار الهواء في المدخنة

وانتقال حركة المكسبين الى العجلتين الكبيرتين يحصل بواسطة ركنين يوصلان ساقى المكسبين بمحوري العجلتين بواسطة ذراعين وأما حركة ذهاب واياب الدرج في علبة التوزيع لكل من الاسطوانتين فتحصل بواسطة الايكستريك (وهو داثرتان احدهما من شبكة بالانرى ومختلفتا المركز) الموضوع على محوري العجلتين الكبيرتين والاستعداد اعني تجديد الماء في القزان يحصل بواسطة طلومبتين ماصتين كاستين موضوعتين تحت البرواز تتحركان بواسطة ايكستريكين وهاتان الطلومبتان يمتصان الماء بواسطة أنابيب الاستطراق من حوض موضوع على العربة التالية لاوكوموتيف وهي العربة الحاملة للماء والفحم اللازم لسير معلوم

(المبحث الرابع في الحصان البخاري)

في علم الميكانيك المطبق على الصنائع يقصد بالاشغال الميكانيكي للقدرة المحركة حاصل ضرب العزم الذي تظهره في المسافة المقطوعة بهذا العزم ويؤخذ وحدة هذا الشغل

* (٣٠٠) *

الميكانيكي الكيلوجرام ومتر الذي هو الشغل اللازم لرفع الكيلوجرام الواحد لارتفاع
متر واحد في الثانية الواحدة

وفي قياس شغل الآلات البخارية يؤخذ الحصان البخاري وحدة والمراد به هنا
الشغل اللازم لرفع ٧٥ كيلوجرام لارتفاع متر واحد في الثانية الواحدة أي أنه يكافئ
٧٥ كيلوجرام ومتر

فحينئذ الآلة البخارية التي قوتها ٤٠ حصاناً هي التي يمكن أن ترفع عـلى الدوام
أمثال ٧٥ كيلوجرام ٤٠ مرة أي ٣٠٠٠ كيلوجرام لارتفاع متر في الثانية الواحدة
وشغل الحصان البخاري هو تقريباً ضعف شغل الحصان المعتاد

تم الجزء الأول من كتاب الطبيعة بحمد الله وعونه ويليه الجزء الثاني أوله (الباب
السابع في الضوء) والحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين
وعلى آله وصحبه أجمعين

ESEN-CPS-BK-0000000890-ESE

00465231

